(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12)**公開特許公報（Ａ）**　(11)特許出願公開番号

特開平6－250869

(43)公開日　平成６年(1994)９月９日

(51)Int.Cl.[5]		識別記号	庁内整理番号	ＦＩ	技術表示箇所
Ｇ０６Ｆ	11/20	３１０　Ｊ	7313－5B		
	9/46	３４０　Ｄ	8120－5B		
	15/16	３８０　Ｚ	7429－5L		
Ｈ０４Ｌ	12/28				
			8732－5K	Ｈ０４Ｌ　11/00　３１０　Ｚ	

審査請求　未請求　請求項の数21　ＯＬ　（全 28 頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願平5－39643

(22)出願日　平成５年(1993)３月１日

(71)出願人　000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目６番地

(72)発明者　渡部　満
茨城県日立市大みか町七丁目１番１号　株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者　山岡　弘昌
茨城県日立市大みか町五丁目２番１号　株式会社日立製作所大みか工場内

(74)代理人　弁理士　小川　勝男

(54)【発明の名称】　分散制御システム

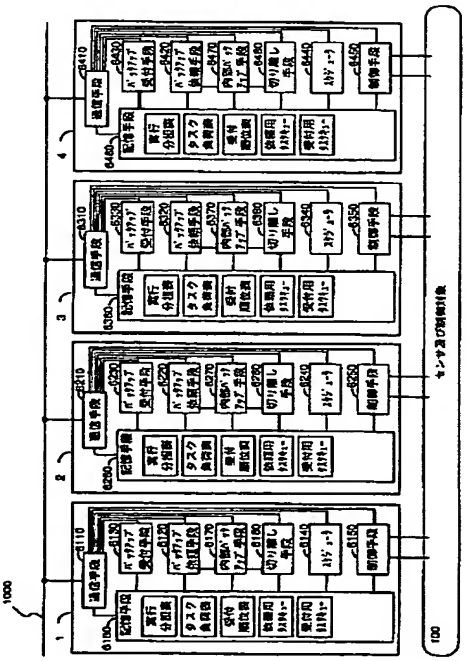
(57)【要約】

【目的】分散制御システムにおいて、故障したコントローラあるいは負荷オーバとなったコントローラの負荷を複数のコントローラで協調して自律的に代替することを目的とする。

【構成】複数のプロセッサで構成されたコントローラを複数ネットワークで結合し、各コントローラは負荷を計測するスケジューラとコントローラ内での負荷の代替を制御する内部バックアップ手段と他のコントローラに代替を依頼するバックアップ依頼手段と他のコントローラからの代替依頼に対して自己の負荷に応じて回答するバックアップ受付手段とを備える。

【効果】自己の負荷に応じて、自コントローラ内で実行できなくなった負荷を分割して実行させることができる。また、代替できなかった負荷を他のコントローラに依頼することができる。これら、コントローラ内部の代替とコントローラ間の代替を組合わせることによりさらに、バックアップの信頼性が高まる。

図１



1

【特許請求の範囲】

【請求項１】複数のコントローラを分散して制御し、各コントローラは複数のタスクを実行する分散制御システムにおいて、

上記コントローラは、他のコントローラの故障又は負荷オーバーを検出する検出手段と、バックアップすべきコントローラの負荷量又はタスク量を検出し記憶する記憶手段と、上記検出手段によって故障又は負荷オーバーが検出され、故障又は負荷オーバーしたコントローラが特定されると、上記記憶手段に記憶されている上記バックアップすべきコントローラの負荷量又はタスク量に応じて、上記故障又は負荷オーバーしたコントローラの負荷又はタスクを上記バックアップすべきコントローラに分散して割当て、バックアップ制御するバックアップ手段とを有することを特徴とする分散制御システム。

【請求項２】請求項１のバックアップ手段は、上記故障又は負荷オーバーしたコントローラの負荷又はタスクを上記バックアップすべきコントローラにバックアップさせる際に、それぞれの上記バックアップすべきコントローラの予め定められた負荷量又はタスク量を越えないように上記故障したコントローラの負荷又はタスクを割り当てることを特徴とする分散制御システム。

【請求項３】請求項１のバックアップ手段は、上記故障又は負荷オーバーしたコントローラの負荷又はタスクを上記バックアップすべきコントローラにバックアップさせる際に、それぞれの上記バックアップすべきコントローラの中で、負荷量又はタスク量の小さい上記バックアップすべきコントローラから順に上記故障したコントローラの負荷又はタスクを割り当てることを特徴とする分散制御システム。

【請求項４】請求項１のバックアップ手段は、上記故障又は負荷オーバーしたコントローラの負荷又はタスクを上記バックアップすべきコントローラにバックアップさせる際に、それぞれの上記バックアップすべきコントローラの中で、負荷量又はタスク量が最も小さい上記バックアップすべきコントローラに上記故障したコントローラの負荷又はタスクを割り当てることを特徴とする分散制御システム。

【請求項５】複数のプロセッサを分散して制御し、各プロセッサは、複数のタスクを実行する分散制御コントローラにおいて、

上記プロセッサは、所定のプロセッサの故障又は負荷オーバーを検出する検出手段と、バックアップすべきプロセッサの負荷量又はタスク量を検出し記憶する記憶手段と、上記検出手段によって故障又は負荷オーバーが検出され、故障又は負荷オーバーしたプロセッサが特定されると、上記記憶手段に記憶されている上記バックアップすべきプロセッサの負荷量又はタスク量に応じて、上記故障したプロセッサの負荷又はタスクを上記バックアップすべきプロセッサに分散して割当て、バックアップ制御するバックアップ手段とを有することを特徴とする分散制御コントローラ。

2

【請求項６】請求項５のバックアップ手段は、上記故障又は負荷オーバーしたプロセッサの負荷又はタスクを上記バックアップすべきプロセッサにバックアップさせる際に、それぞれの上記バックアップすべきプロセッサの予め定められた負荷量又はタスク量を越えないように上記故障又は負荷オーバーしたプロセッサの負荷又はタスクを割り当てることを特徴とする分散制御コントローラ。

【請求項７】請求項５のバックアップ手段は、上記故障又は負荷オーバーしたプロセッサの負荷又はタスクを上記バックアップすべきプロセッサにバックアップさせる際に、それぞれの上記バックアップすべきプロセッサの中で、負荷量又はタスク量の小さい上記バックアップすべきプロセッサから順に上記故障又は負荷オーバーしたプロセッサの負荷又はタスクを割り当てることを特徴とする分散制御コントローラ。

【請求項８】請求項５のバックアップ手段は、上記故障又は負荷オーバーしたプロセッサの負荷又はタスクを上記バックアップすべきプロセッサにバックアップさせる際に、それぞれの上記バックアップすべきプロセッサの中で、負荷量又はタスク量が最も小さい上記バックアップすべきプロセッサに上記故障又は負荷オーバーしたプロセッサの負荷又はタスクを割り当てることを特徴とする分散制御コントローラ。

【請求項９】請求項５のコントローラを複数有し、上記コントローラを分散して制御し、各コントローラは複数のタスクを実行する分散制御システムにおいて、

上記コントローラは、他のコントローラの故障又は負荷オーバーを検出する検出手段と、バックアップすべきコントローラの負荷量又はタスク量を検出し記憶する記憶手段と、上記検出手段によって故障又は負荷オーバーが検出され、故障又は負荷オーバーしたコントローラが特定されると、上記記憶手段に記憶されている上記バックアップすべきコントローラの負荷量又はタスク量に応じて、上記故障又は負荷オーバーしたコントローラの負荷又はタスクを上記バックアップすべきコントローラに分散して割当て、バックアップ制御するバックアップ手段とを有することを特徴とする分散制御システム。

【請求項１０】ネットワークを介して制御される分散制御コントローラであって、上記分散制御コントローラの故障又は負荷オーバーを検出し、更に上記分散制御コントローラの負荷量を検出し、上記ネットワークを介して他の分散制御コントローラに検出された上記負荷を送信する検出送信手段と、上記ネットワークを介して上記分散制御コントローラの負荷を他の分散制御コントローラに代替させることを依頼する依頼手段とを有し、上記検出送信手段が上記分散制御コントローラの故障又は負荷オーバーを検出すると、その時の負荷量を上記依頼手段

によって他の分散制御コントローラに代替させることを依頼することを特徴とする分散制御コントローラ。

【請求項１１】請求項１０の分散制御コントローラにおいて、上記依頼手段が負荷の代替を依頼した他の分散制御コントローラからの応答を受取る受付手段とを有し、上記応答が依頼した負荷の一部分を代替したことを示したものであるなら、上記ネットワークを介して、更に他の分散制御コントローラに残りの負荷の代替を依頼することを特徴とする分散制御コントローラ。

【請求項１２】請求項１０又は１１の分散制御コントローラにおいて、上記依頼手段は上記ネットワークを介して接続される他の分散制御コントローラの負荷量の小さい順に上記分散制御コントローラの依頼すべき負荷量を割り当てることを特徴とする分散制御コントローラ。

【請求項１３】請求項１０，１１又は１２の分散制御コントローラにおいて、上記負荷量の割当ては、上記分散制御コントローラのタスク単位で行なうことを特徴とする分散制御コントローラ。

【請求項１４】ネットワークを介して他の分散制御コントローラに接続される分散制御コントローラであって、上記他の分散制御コントローラには上記他の分散制御コントローラの故障又は負荷オーバーを検出し、更に上記他の分散制御コントローラの負荷量を検出し、上記ネットワークを介して上記分散制御コントローラに検出された上記負荷を送信する検出送信手段と、上記ネットワークを介して上記他の分散制御コントローラの負荷を上記分散制御コントローラに代替させることを依頼する依頼手段とを有し、上記分散制御コントローラには上記分散制御コントローラの負荷量を検出する検出手段と、上記検出送信手段からの負荷量と上記依頼手段からの依頼を受ける受付手段と、上記検出手段によって検出された上記分散制御コントローラの負荷量と上記受付手段で受け付けた負荷量とから、バックアップすべき負荷量を定める演算手段と、上記演算手段によって演算された結果によって、依頼された負荷量のうち上記分散制御コントローラでは処理できない負荷量を上記他の分散制御コントローラに伝達する伝達手段とを有することを特徴とする分散制御コントローラ。

【請求項１５】請求項１４の分散制御において、上記負荷はタスクごとの単位で行なうことを特徴とする分散制御コントローラ。

【請求項１６】複数の分散制御コントローラとそれぞれの上記分散制御コントローラを接続するネットワークからなる分散制御システムにおいて、

それぞれの上記分散制御コントローラは故障又は負荷オーバーを検出し、更に負荷量を検出し、上記ネットワークを介して他の分散制御コントローラに検出された上記負荷を送信する検出送信手段と、上記ネットワークを介して負荷を上記他の分散制御コントローラに代替させることを依頼する依頼手段と、上記他の分散制御コントローラの検出送信手段からの負荷量と上記他の分散制御コントローラの依頼手段からの依頼を受ける受付手段と、上記検出送信手段によって検出された負荷量と上記受付手段で受け付けた負荷量とから、バックアップすべき負荷量を定める演算手段と、上記演算手段によって演算された結果によって、依頼された負荷量のうち処理できない負荷量を依頼をした上記他の分散制御コントローラに伝達する伝達手段とからなる分散制御コントローラを有することを特徴とする分散制御システム。

【請求項１７】請求項１６の分散制御システムにおいて、依頼された分散制御コントローラの伝達手段からの回答が負荷の一部分を代替するもの、あるいは、代替を依頼した負荷と依頼先のコントローラの負荷とを入れ替えるものであるなら、負荷を依頼された分散制御コントローラ以外の分散制御コントローラに対して、依頼を受け入れられなかった残りの負荷あるいは入れ替えられた負荷の代替を依頼することを特徴とする分散制御システム。

【請求項１８】エンジン制御コントローラと、変速機制御コントローラと、サスペンション制御コントローラと、ブレーキ制御コントローラと、パワーステアリングコントローラと、故障診断制御コントローラと、ドライブレコーダコントローラト，マンマシンインターフェイス制御コントローラとから成る自動車制御システムにおいて、

請求項１，２，３，４，９，１６又は１７の分散制御システムからなることを特徴とする自動車制御システム。

【請求項１９】エンジン制御コントローラと、変速機制御コントローラと、サスペンション制御コントローラと、ブレーキ制御コントローラと、パワーステアリングコントローラと、故障診断制御コントローラと、ドライブレコーダコントローラト，マンマシンインターフェイス制御コントローラのうち少なくとも１つのコントローラは、請求項５，６，７，８，１０，１１，１２，１３，１４又は１５の分散制御コントローラからなることを特徴とする自動車制御システム。

【請求項２０】複数のマイクロコンピュータを用いて制御される自動車制御コントローラにおいて、上記複数のマイクロコンピュータはネットワークによって接続され、第１のマイクロコンピュータが検出した自動車の状態量を第２のマイクロコンピュータに上記ネットワークを介して伝送し、第２のマイクロコンピュータが上記状態量を用いて第２のコンピュータに接続された制御対象を制御し、第１のマイクロコンピュータが故障した場合において上記複数のマイクロコンピュータの少なくとも一つが第１のマイクロコンピュータの処理を代替し、第２のマイクロコンピュータの処理に必要な上記状態量を上記ネットワークを介して伝送し、第２のマイクロコンピュータによる制御対象の制御を継続させることを特徴とする自動車制御コントローラ。

5

【請求項２１】複数のマイクロコンピュータからなる複数の自動車制御コントローラをネットワークを用いて制御する自動車制御システムにおいて、第１の自動車制御コントローラが検出した自動車の状態量を第２の自動車制御コントローラに上記ネットワークを介して伝送し、第２の自動車制御コントローラが上記状態量を用いて第２のコンピュータに接続された制御対象を制御し、第１の自動車制御コントローラが故障した場合において上記複数の自動車制御コントローラの少なくとも一つが第１の自動車制御コントローラの処理を代替し、第２の自動車制御コントローラの処理に必要な上記状態量を上記ネットワークを介して伝送し、第２の自動車制御コントローラによる制御対象の制御を継続させることを特徴とする自動車制御システム。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【産業上の利用分野】本発明は各種プロセス制御，プラント制御，車両制御等において複数の制御装置（コントローラ）を分散して制御を行なう分散制御システムに係り、特にバックアップ用のコントローラ等を用いずにそれぞれのコントローラが負荷を分担してバックアップを行なう分散制御システムに関する。

【０００２】

【従来の技術】従来からプラント制御システムでは、複数のコントローラを分散して制御する分散制御システムと呼ばれる制御システムがある。この分散制御システムは複数のコントローラをネットワークで結び、発電プラントや鉄鋼圧延プラントあるいはエレベータや自動車などを制御するものである。これらの制御システムは、産業の基盤をなす重要な部分に用いられたり、人命に係わる装置を制御する部分に用いられる。従って、このような分散制御システムでは稼働率と信頼性の向上が重要視される。

【０００３】このような分散制御システムにおいて、１台のコントローラが故障（ダウン）した場合に他のコントローラがその負荷を代替（バックアップ）するシステムが一般的である。例えば、特開昭62－177634号と特開昭63－118860号には、あるコントローラのダウンに対してバックアップする専用のコントローラをあらかじめ用意しておくことが開示されている。さらに他の例として、特開平2－224169 号と特開平3－296851 号には、各計算機の負荷状況に応じて、ダウンした計算機の負荷を分割する集中管理用の計算機を有し、この集中管理用の計算機の指示に従って、複数の他の計算機でバックアップすることが開示されている。

【０００４】

【発明が解決しようとする課題】ところが上記従来技術によると、次のような問題点があった。前者の技術ではバックアップ専用のコントローラを準備する必要があり、自動車制御のようにシステムのダウンサイジングが

6

要求されるところには不経済で、不適格であった。また、後者の技術では負荷の分散を集中管理しているためその集中管理用の計算機がダウンした場合、計算機システム全体が停止する恐れがあった。

【０００５】本発明の目的は、集中管理用のコントローラやバックアップ専用のコントローラを設けずに、正常に動作しているコントローラがダウンした場合、ダウンしたコントローラの負荷を自律的に分割・分散してバックアップする分散制御システムを提供することである。

【０００６】とくに、正常に動作しているコントローラの余剰性能を有効に活用し、分散制御システムの総合性能を限界まで引き上げることにある。つまり、コントローラの多重ダウンが生じた場合にも、それらのバックアップを各コントローラが協調して実施する分散制御システムを提供することにある。

【０００７】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明のダウンしたコントローラの負荷を自律的に分散してバックアップする分散制御システムは、他のコントローラの故障を検出する故障検出手段と、他のコントローラの負荷を検出し記憶する負荷記憶手段と、上記故障検出手段によって故障が検出され、故障したコントローラが特定されると、上記負荷記憶手段に記憶されている上記故障したコントローラ以外のコントローラの負荷に応じて、上記故障したコントローラの負荷を上記故障したコントローラ以外のコントローラに分散して割当て、バックアップ制御するバックアップ手段とを有することを特徴とする。

【０００８】上記負荷記憶手段は、各コントローラが実行しているタスクとその負荷状況を示す実行分担表と、各タスクを実行したときの負荷を示すタスク負荷表とから構成され、タスク負荷表に基づいてバックアップを行なうべきコントローラの優先順位を定めることができる。また、タスク負荷表に基づいてバックアップを行なうべきコントローラの優先順位を定めた結果を格納する受付順位表を設けておくと、各コントローラの負荷状況によりどのコントローラに余裕がありバックアップを実行しやすいかの決定を高速に行なうことができる。

【０００９】上記バックアップ手段は、他のコントローラにバックアップを依頼するバックアップ依頼手段と、上記受付順位表によりバックアップの受付が可能かを判定し、受付けたか否かを回答するとともに受け付けたタスクの実行を指示するバックアップ受付手段とから構成される。

【００１０】また、各コントローラは複数のプロセッサで構成される。そこで、一つのコントローラ自身の耐故障性と信頼性を向上させるために、上記実行分担表には、一つのコントローラ内の各プロセッサの負荷状況とどのプロセッサに余裕があり負荷をバックアップしやすいかを示す領域を有する。それによって、バックアップ

手段は、これらの実行分担表とタスク負荷表に応じて、故障したプロセッサの負荷をバックアップするプロセッサを定める内部バックアップ手段を有している。

【００１１】

【作用】上記の構成により自律的にバックアップを実施するための本発明の分散制御システムの作用を、以下に説明する。

【００１２】各コントローラに具備した実行分担表と、タスク負荷表と、受付順位表とにより、バックアップすべきタスクとバックアップに適するコントローラとを検索し、どのコントローラのバックアップ依頼手段を用いるかを決定することができる。この決定した結果を他のコントローラのバックアップ受付手段に通知することにより、故障したコントローラの負荷を分散することが可能となる。

【００１３】また、バックアップを依頼されたコントローラのバックアップ受付手段は、自己が持つ実行分担表に格納されている自己の負荷に基づき、この通知に示されるバックアップすべき対象タスクを自己のコントローラで実行可能か否かを自ら判断し、選択的にバックアップすべき対象タスクを受付ける。この選択の結果を受付メッセージとして放送（ブロードキャスト）することにより、依頼元および他のコントローラはバックアップを実施したコントローラの負荷状況の変化を反映して、実行分担表及び受付順位表を修正する。さらに依頼先のコントローラは、受付けられなかったバックアップすべき対象タスクを依頼元コントローラに伝達する。そこで、再び修正された受付順位表（この時は先にバックアップを実施したコントローラは負荷率が高まるため受付順位表の先頭にいないであろう）に従って、新たにバックアップすべき（受付順位表に登録された）コントローラへ未受付分を依頼する。このようにして本発明では各コントローラがシステムの実行状況を常に正確に把握することができる。また、バックアップを依頼されたコントローラがその依頼を拒否可能であるため、自律的にバックアップすべき対象タスクを分割・分散して処理することができる。

【００１４】さらに、一つのコントローラに含まれる複数のプロセッサの一つが故障したときにおいても、内部バックアップ手段が実行分担表により負荷が小さいプロセッサを選択し、そのプロセッサに故障したプロセッサの負荷をすべてバックアップできるかを判定し、そのプロセッサが負荷オーバにならないようにバックアップを実施させ、残りの負荷がある場合にはさらに他のプロセッサを選択し同様にバックアップさせる。このように内部バックアップ手段は各プロセッサが負荷オーバにならない様に故障したプロセッサの負荷を各プロセッサの負荷限界に収まるように分割し、複数のプロセッサで次々とバックアップさせていくことができる。

【００１５】

【実施例】以下本発明の実施例を図面により詳細に説明する。

【００１６】図１は分散制御システムのコントローラの多重ダウンに対して稼働中のコントローラが負荷を自律的に分散しバックアップする本発明の一実施例である。

【００１７】プラント１００のセンサ及び制御対象に接続されそれらを制御するコントローラ１，２，３，４はネットワーク１０００で相互に接続された分散制御システムを構成している。コントローラ１，２，３，４はそれぞれ通信手段６１１０，６２１０，６３１０，６４１０と、バックアップ依頼手段６１２０，６２２０，６３２０，６４２０と、バックアップ受付手段６１３０，６２３０，６３３０，６４３０と、スケジューラ６１４０，６２４０，６３４０，６４４０と、制御手段６１５０，６２５０，６３５０，６４５０と、記憶手段６１６０，６２６０，６３６０，６４６０と、さらに、内部バックアップ手段６１７０，６２７０，６３７０，６４７０と、切り離し手段６１８０，６２８０，６３８０，６４８０とを含む各コントローラは同様の構成であるので、コントローラ１を代表例として取り上げ説明する。なお、各コントローラは後述の図３に示すとおり４個のマイクロコンピュータを持っている。さらに各マイクロコンピュータはここに示した通信手段，バックアップ依頼手段，バックアップ受付手段，内部バックアップ手段，切り離し手段，スケジューラ，制御手段の各手段を提供するに充分なハードウェアを持ち、かつ、各手段を提供するソフトウェア（タスク）を実行するに充分な処理能力を持っている。このため前記の手段は何れのマイクロコンピュータ上でも実施可能である。以下各手段の機能を説明する。

【００１８】通信手段６１１０はネットワーク１０００，バックアップ依頼手段６１２０，バックアップ受付手段６１３０，スケジューラ６１４０，制御手段６１５０と記憶手段６１６０，内部バックアップ手段６１７０，切り離し手段６１８０に接続されており、他のコントローラとのメッセージの交換を実行し、コントローラ内の他の手段と他のコントローラの間でのメッセージあるいはデータの交換を可能にする。スケジューラ６１４０は自分自身に登録された複数のタスクをマイクロコンピュータに割り付ける順番及び時間間隔などを定め、かつ指示するものである。制御手段６１５０はプラント１００のセンサ及び制御対象を制御するものである。スケジューラ６１４０と制御手段６１５０は記憶手段６１６０と接続されており、そこに記憶されたタスク及びデータとスケジューリング情報に基づきスケジューリングとプランと１００の制御を司る。また、スケジューラ６１４０と制御手段６１５０は通信手段６１１０と接続されており、他のコントローラとの同期をとるために通信手段６１１０とネットワーク１０００を介して他のコントローラとメッセージを交換する。本実施例は以上により

分散制御を実施している。

【００１９】バックアップを司る手段について説明する。切り離し手段６１８０は内部バックアップ手段６１７０と通信手段６１１０に接続されている。この手段はコントローラ内部のハードウェアの故障あるいはソフトウェアの暴走などのダウンを検出し、ダウンしたマイクロコンピュータの動作を停止させる。また、ネットワーク１０００を通して他のコントローラから自己を含むコントローラの故障を通知された場合にも同様の動作を実施する。他のコントローラからの故障の通知によってバックアップを開始できるように、切り離し手段６１８０は通信手段6110に接続されている。さらに、自ら故障を検出した場合および故障を通知された場合のどちらでも、どのマイクロコンピュータがダウンしたかを内部バックアップ手段６１７０に前記の接続を通して知らせる。

【００２０】内部バックアップ手段６１７０は通信手段６１１０，記憶手段６１６０，切り離し手段６１８０とバックアップ依頼手段６１２０に接続されている。この手段は、切り離し手段６１８０からコントローラ内部のダウンを通知された場合に、図２の手順に従い、ダウンにより実行できなくなったタスクをその優先度に応じてコントローラ内でバックアップする。部分的ダウンがコントローラ全体のダウンにつながることを防ぐために、コントローラの管理運用に必要不可欠なタスクを最も優先する。ネットワーク１０００の通信量のボトルネックが顕在化し通信の遅延あるいは不良が頻発することを防ぐために、他のコントローラでバックアップした場合に多量の通信を必要とするタスクが次に優先される。バックアップは負荷の軽いマイクロコンピュータから順番に実施していき、バックアップされるべきタスクがあるかぎり、次々と負荷の重いマイクロコンピュータで実施していく。途中でバックアップされるべきタスクが無くなればそこで処理を終了する。すべてのマイクロコンピュータでバックアップを実施してもバックアップされるべきタスクが残っているときはバックアップ依頼手段６１２０にこの状況を通知して図３のコントローラ間でのバックアップに関する手順を実行させ、本手段は実行を終了する。この図２の手順を内部バックアップ手順と呼び、後にその詳細を具体的な例により説明するが、ここでは本手段の機能を説明するうえでその概略を説明する。

【００２１】まず、本手段は手順６５１０から手順６５１５にて、ダウンにより実行できなくなったタスクのバックアップを担当するマイクロコンピュータをコントローラ内から決める。この決定において記憶手段６１６０に格納されている各マイクロコンピュータの実行状態に関する情報を用いる。すなわち、多くのタスクをバックアップさせるために負荷の低いマイクロコンピュータあるいは余剰性能の大きいマイクロコンピュータに決定する。なお、これらの情報は図７に示した実行分担表と呼ぶ表に格納されている。さらに、ダウンにより実行できなくなったタスクのうちバックアップされるべきタスクを決定する。この決定では、タスクの属性に関する情報を用い、他のマイクロコンピュータでバックアップする必要のないタスクを除外する。このタスクの属性に関する情報は図８に示したタスク負荷表と呼ぶ表に格納されている。

【００２２】つづいて本手段は手順６５２０から手順６５４０にて、バックアップされるべきタスクにバックアップを担当する部分がバックアップ前に実行していた複数のタスクを追加する。そしてこれらの中から、バックアップを担当するマイクロコンピュータがバックアップ後に実行すべきタスクを優先度に応じて選択する。このとき、部分的ダウンがコントローラ全体のダウンを引き起こさないようにするために、通信手段６１１０，バックアップ依頼手段６１２０，スケジューラ6140を提供するタスクなどのコントローラの管理運用に必要不可欠なタスクを最も優先して選択する。ネットワーク１０００の通信量のボトルネックが顕在化して通信不良を引き起こすことがないようにするために、他のコントローラでバックアップした場合に多量の通信を必要とするタスクが次に優先して選択される。その後、その他のタスクを選択する。各優先度においてバックアップを担当するマイクロコンピュータの負荷が限界値を越えない範囲で最大負荷となる組合わせのタスクを選択する。この負荷の限界値は記憶手段６１６０に格納されており、限界負荷率と呼ぶ。この選択において記憶手段６１６０に格納されている各タスクの負荷率とこの選択における優先度とタスクの原籍に関する情報を用いる。タスクの負荷率とは着目したタスクを当該マイクロコンピュータで実行した場合の単位時間当りに必要とされる処理時間であり、あらかじめ同等の処理能力を持つマイクロコンピュータあるいは当該部分で実行したときに計測した値である。なんらかの事情で計測できないときにはあらかじめ推定し定めた値を用いる。タスクの原籍は各タスクが元々所属するコントローラあるいはその一部分を示す。なお、これらの情報は図８に示したタスク負荷表と呼ぶ表に格納されている。また、この選択において、バックアップを担当するマイクロコンピュータがバックアップ前に実行していたタスクであろうとも優先度が低い場合にはバックアップ後に実行させないことがある。このように追い出されたタスクは、バックアップされるべきタスクに追加され、他のマイクロコンピュータでバックアップされることを待つ。

【００２３】つづいて本手段は手順６５５０にて、選択したタスクをスケジューラ６１４０に登録し実行手段６１５０にて実行を開始させる。バックアップを担当するマイクロコンピュータから追い出されたタスクはスケジューラ６１４０から削除しその実行を停止させる。

11

【００２４】つづいて本手段は手順６５６０から手順６５９０にて、バックアップされるべきタスクの状況と、コントローラ内でバックアップを担当させていないマイクロコンピュータの有無とに応じて３通りの処理を実行する。まず、バックアップされるべきタスクに優先度の高いタスクがあり、かつ、コントローラ内の稼働中のマイクロコンピュータのすべてにバックアップを担当させる前述の手順を実施していない場合には、次に負荷率が低いマイクロコンピュータは、バックアップを担当するマイクロコンピュータとして選択され、再び手順６５２０より内部バックアップ手順を繰り返す。多くのタスクあるいは多くの負荷をコントローラ内でバックアップできるように、コントローラ内の各マイクロコンピュータに対して順番にバックアップを担当させるというこの繰り返しを設けた。一方、バックアップされるべきタスクが優先度の低いタスクのみの場合と、バックアップされるべきタスクに優先度の高いタスクがあるが、コントローラ内の稼働中のマイクロコンピュータのすべてにバックアップを担当させる前述の手順を実施した場合には、コントローラの新しい実行状況をネットワーク１０００を通して放送し、バックアップされるべきタスクをコントローラ間でバックアップさせるためにバックアップ依頼手段６１２０にバックアップされるべきタスクが残っていることを前記接続を介して通知し図３のコントローラ間のバックアップに関する手順を開始させ、本手段の処理を終了する。さらに、一方で、バックアップされるべきタスクがない場合には、コントローラの新しい実行状況をネットワーク１０００を通して放送し、本手段の処理を終了する。

【００２５】バックアップ依頼手段６１２０は通信手段６１１０と記憶手段６１６０と内部バックアップ手段６１７０とに接続されている。この手段は、内部バックアップ手段６１７０からバックアップされるべきタスクが残っていることを通知された場合に、図３の手順に従い、ネットワーク１０００に接続された他のコントローラあるいはそのマイクロコンピュータからバックアップの依頼先を選定しバックアップを依頼する。すべてのタスクのバックアップが終了するまでこの選定と依頼を繰り返す。この手順をバックアップ依頼手順と呼び、後にその詳細を具体的な例により説明するが、ここでは本手段の機能を説明するうえでその概略を説明する。

【００２６】この手段は手順６６１０にて、記憶手段６１６０に格納されているすべてのマイクロコンピュータの負荷状態に関する情報とを用いて、バックアップを依頼するコントローラあるいはそのマイクロコンピュータを選定する。選定基準は他のコントローラのマイクロコンピュータのなかで最も負荷の小さいことである。なお、この情報は図９に示した受付順位表に格納されている。

【００２７】つづいて本手段は手順６６２０から手順６

12

６４０にて、さきに選定した依頼先に宛ててバックアップを依頼することを示すメッセージ６６００を発信する。このメッセージ６６００はバックアップされるべきタスクの情報を含む。メッセージ６６００はネットワーク１０００を介して送られる。そして、依頼先からの応答を待つ。応答は依頼先によってシステム全体に放送されるところの、バックアップの依頼に対する応答であることを示すメッセージ６７００である。メッセージ６７００はさらに依頼先がバックアップしたタスクとこのバックアップにより依頼先で実行されなくなったタスク（追い出されたタスク）を示す情報を含む。本手段はこのメッセージ６７００を受信するまで待ち状態に入っており、これを受信すると待ち状態が解除されて次の手順６６４２に進む。

【００２８】つづいて本手段は手順６６４２から６６４８にて、依頼先がバックアップしたタスクの有無を判定し、依頼先がバックアップしたタスクがある場合にはバックアップの依頼の終了を判定する手順（手順６６５０から手順６６７０）に進む。依頼先がバックアップしたタスクがない場合には、さらに手順６６４４にて他のコントローラのマイクロコンピュータのすべてにバックアップを依頼したかを判定する。他のコントローラのマイクロコンピュータのすべてにバックアップを依頼していない場合には、手順６６４６にて他のコントローラのマイクロコンピュータの中で今回の依頼先に次いで負荷が小さいものを次回のバックアップ依頼先に指定し、手順６６２０に戻りバックアップの依頼を繰り返す。また、他のコントローラのマイクロコンピュータのすべてにバックアップを依頼していた場合には、バックアップが失敗している。そこでこの場合には手順６６４８に示すように縮退運転手段に縮退運転を開始させ、本手段はバックアップ依頼手順を終了する。

【００２９】手順６６４２の判定にて依頼先がバックアップしたタスクがあった場合には、つづいて、本手段は手順６６６０から手順６６７０にて、依頼先からのメッセージ６７００に応じて記憶手段６１６０に格納されている各表を変更する。さらに、依頼先がバックアップしたタスクをバックアップされるべきタスクから削除し、依頼先から追い出されたタスクをバックアップされるべきタスクに追加する。その後、バックアップされるべきタスクの有無を判定し、バックアップされるべきタスクが有るときには手順６６１０に戻り依頼先の選定とバックアップの依頼を繰り返す。この依頼の繰り返しと依頼先の拒否あるいは受付けにより、バックアップされるべきタスクを自律的に分散してバックアップすることを可能にした。

【００３０】バックアップ受付手段６１３０は通信手段６１１０と記憶手段６１６０とに接続されている。この手段は、ネットワーク１０００を介して他のコントローラから送られてきたバックアップを依頼するメッセージ

６６００を受け取った場合に、図４の手順に従い、メッセージ６６００によってバックアップを依頼されたタスクをバックアップを依頼されたマイクロコンピュータの負荷状態に応じてバックアップする。この手順ではバックアップを担当するマイクロコンピュータの負荷率が限界負荷率を越えない範囲できる限り大きくなるように、バックアップを依頼されたタスクとそのマイクロコンピュータが実行しているタスクとの入れ替えも実施する。この入れ替えはかなり大きい負荷率のタスクをバックアップするために必要な機能である。大きな負荷率のタスクをバックアップする余裕が無くとも、小さな負荷率のタスクを追い出し余裕を作れば大きな負荷率のタスクをバックアップできることが多い。追い出されたタスクはバックアップされるべきタスクとして、さらに他のマイクロコンピュータにバックアップ依頼されそこで実行されることになろう。あるいはさらにそこで入れ替えを引き起こすかも知れないが、入れ替えの度により小さな負荷率のタスクが追い出されるためバックアップできる可能性が高まってゆき、最終的にはバックアップできるであろう。この入れ替えにおいて自らのコントローラの管理運用に必要不可欠なタスクあるいは他のコントローラで実行した場合に多量の通信を必要とするタスクを追い出してしまうと、自らのコントローラのダウンやネットワーク１０００の通信量のボトルネックによる通信の不良を引き起こしたりする。これを防ぐためにバックアップ後に実行するタスクとしてそれらのタスクを優先して選択するこの手順とした。また、本手段はバックアップの結果をシステム全体に知らしめる。この手順をバックアップ受付手順と呼び、後にその詳細を具体的な例により説明するが、ここでは本手段の機能を説明するうえでその概略を説明する。

【００３１】この手段は手順６７１０から手順６７３０にて、バックアップされるべきタスクとバックアップを担当するマイクロコンピュータで実行されている複数のタスクの中から、バックアップを担当するマイクロコンピュータがバックアップ後に実行すべきタスクを優先度に応じて選択する。このとき、バックアップにより自らのコントローラがダウンしないようにするために、通信手段６１１０，バックアップ依頼手段６１２０，スケジューラ６１４０を提供するタスクなどの自らのコントローラの管理運用に必要不可欠なタスクを最も優先して選択する。ネットワーク１０００の通信量のボトルネックが顕在化して通信不良を引き起こすことがないようにするために、他のコントローラで実行した場合に多量の通信を必要とするタスクが次に優先して選択される。その後、その他のタスクを選択する。各優先度においてバックアップを担当するマイクロコンピュータの負荷が限界値を越えない範囲で最大負荷となる組合わせのタスクを選択する。この負荷の限界値は記憶手段６１６０に格納されており、限界負荷率と呼ぶ。この選択は図２の内部

バックアップ手順の手順６５３０と同一である。また、この選択において、バックアップを担当するマイクロコンピュータがバックアップ前に実行していたタスクであろうとも優先度が低い場合にはバックアップ後に実行させないことがある。つづいて、本手段は選択したタスクをスケジューラ６１４０に登録し実行手段６１５０にて実行を開始させる。バックアップを担当するマイクロコンピュータから追い出されたタスクはスケジューラ６１４０から削除しその実行を停止させる。

【００３２】つづいてこの手段は手順６７４０にて、バックアップするタスクと追い出すタスクを示す情報を含むメッセージ６７００をネットワーク上に放送（ブロードキャスト）する。このメッセージ６７００により自らのコントローラの実行状態の変化を他のコントローラのすべてに知らしめる。さらに、本手段はすべてのコントローラは各々の記憶手段６１６０，６２６０，６３６０，６４６０に格納されている実行分担表とタスク負荷表と受付順位表をこのメッセージ６７００によって書き換える。また前述したように、このメッセージ６７００に基づいて依頼元のバックアップ依頼手段（６２２０，６３２０，６４２０のいずれか）はバックアップされるべきタスクからバックアップされたタスクを削除し、追い出されたタスクをバックアップされるべきタスクに追加する。

【００３３】このように１台のダウンしたコントローラが実行していた複数のタスクがバックアップを依頼された稼働中のコントローラの負荷に応じて分割されることにより、最終的には複数のコントローラでバックアップされる。つまり、本発明の分散制御システムは１台のコントローラのダウンを複数台の稼働中のコントローラが自らの負荷状況応じて分担してバックアップするものである。さらに、このバックアップにおいてネットワークの通信量増加を抑さえるために、タスクの通信量に関する属性に応じて分担してバックアップするものである。

【００３４】この分散制御システムの物理的な構成を図５に示す。コントローラ１，２，３，４は同一の構成であり、各々がネットワーク１０００と接続されたネットワーク送受信部（コネクタ）４１ａ，４１ｂ，４１ｃ，４１ｄと、これらのネットワーク送受信部（コネクタ）の各々とシリアルデータ用のバス７１ａ，７１ｂ，７１ｃ，７１ｄを介して接続された４個ずつのマイクロコンピュータ（ＭＣ１，ＭＣ２，ＭＣ３，ＭＣ４）７０１～７０４，７１１～７１４，７２１～７２４，７３１～７３４と、これらのマイクロコンピュータ（ＭＣ１，ＭＣ２，ＭＣ３，ＭＣ４）とバス７０ａ，７０ｂ，７０ｃ，７０ｄを介して接続されたグローバルメモリ８２ａ，８２ｂ，８２ｃ，８２ｄと、これらのマイクロコンピュータ（ＭＣ１，ＭＣ２，ＭＣ３，ＭＣ４）と接続された入出力処理装置（Ｉ／Ｏ）８３ａ，８３ｂ，８３ｃ，８３ｄと、これらのマイクロコンピュータに接続され故障の

15

通知を行うバス７０ｂを含む。各コントローラにはＤＣ１,ＤＣ２,ＤＣ３，ＤＣ４という名前を付けた。各コントローラ内の各マイクロコンピュータにはＭＣ１，ＭＣ２，ＭＣ３，ＭＣ４という名前を付けた。ここで、各マイクロコンピュータはその中に記したタスクを実行しているものとした。ここでタスクNC1,ＮＣ２，ＮＣ３，ＮＣ４はネットワーク１０００を介したコントローラ間のメッセージの送受信を制御するタスクであり、図１の通信手段６１１０，６２１０，６３１０，６４１０を提供する。また、タスクＣＭ１，ＣＭ２，ＣＭ３，ＣＭ４は各コントローラ１，２，３，４でのタスクの実行を制御するタスクであり、図１のバックアップ依頼手段６１２０，６２２０，６３２０，６４２０と、バックアップ受付手段６１３０，６２３０，６３３０，６４３０を提供する。頭文字がＴで始まるタスクは各コントローラが実行する制御演算などであり、図１の制御手段を提供する。ＯＳ１１などのＯＳで始まるタスクはバックアップ関係の機能を組み込んだリアルタイムオペレーティングシステムであり、各マイクロコンピュータで実行されている。これら各々が図１の内部バックアップ手段６１７０,６２７０，６３７０，６４７０を提供する。またこれらのリアルタイムオペレーティングシステムの各々が独立に各々のマイクロコンピュータに関するスケジューリングを実施している。すなわち、各々が各コントローラのスケジューラ6140，６２４０，６３４０，６４４０を各マイクロコンピュータに関する部分に分割して提供している。

【００３５】各マイクロコンピュータは同一の構成であり、その構成をマイクロコンピュータ（ＭＣ１）７０１を例に取り上げ図４を用いて説明する。マイクロコンピュータ(ＭＣ１)７０１はタスクを実行するプロセッサ（ＰＲ）６８１１と、タスクの中に含まれたニューロ演算を加速するためのニューラルエンジン(ＮＥ)６８１２と、タスクの中に含まれたシーケンス制御用の演算を加速するシーケンスエンジン（ＳＥ）６８１３と、グローバルメモリ（ＧＭ）８２ａに対する他のマイクロコンピュータとのアクセス競合による性能低下を防止する為にグローバルメモリ(ＧＭ)８２ａの内容の一部分を複写して格納したローカルメモリ(ＬＭ)６８１６と、アクセスすべきメモリがグローバルメモリ（ＧＭ）８２ａのときバス７０ａとマイクロコンピュータ内のバス６８１９を結合するバスインターフェース（ＢＩＦ）６８１７と、ローカルメモリ（ＬＭ）６８１６とグローバルメモリ（ＧＭ）８２ａの間で高速な転送を実行するダイレクトメモリアクセス制御（ＤＭＡＣ）６８１８と、スケジューリングのための時計であるフリーランタイマ（ＦＲＴ）６８１５と、ネットワーク送受信部４１ａと接続されシリアルデータのパラレルデータ化あるいはその逆の操作と符号化／復号化などを実行するランアダプタ（ＬＡ）６８１４と、各構成要素の故障を検出してマイクロコンピュータの動作を停止させるとともに故障を他のマイクロコンピュータにバス７０ｂを通して通知する故障制御回路６８２０を含む。さらに、各構成要素はバス6819で接続されている。

16

【００３６】ここで、故障制御回路６８２０は他のマイクロコンピュータの故障制御回路と協同してバス７０ｂを通信路として用いることにより切り離し手段を提供する。例えば図３のマイクロコンピュータ７０２が故障した場合には、マイクロコンピュータ７０２の故障制御回路が故障を検出し、他のマイクロコンピュータ７０１，７０３，７０４に対してバス７０ｂを通してマイクロコンピュータ７０２の故障を通知し、同時にマイクロコンピュータ７０２のプロセッサ（ＰＲ）の動作を停止させる。さらに、マイクロコンピュータ７０１，７０３，７０４の各故障制御回路は各々のプロセッサＰＲで実行されている内部バックアップ手段を提供するタスクＯＳ１１，ＯＳ１３，ＯＳ１４に内部バックアップ手順を開始させる。このように図１の切り離し手段６１８０における機能は物理的には４つのマイクロコンピュータに分担されている。

【００３７】さらに、図３の各コントローラのなかのすべてのマイクロコンピュータがランアダプタ(ＬＡ)を持つため、いずれのマイクロコンピュータも通信手段６１１０，６２１０，６３１０，６４１０として動作可能である。従来技術では通信関係の手段が冗長化されておらず信頼性が不充分であったが本実施例の構成により冗長化され信頼性が向上する。各コントローラ内の４つのランアダプタ（ＬＡ）のなかで、実際に通信手段６１１０，６２１０，６３１０，６４１０となるものはタスクＮＣ１，ＮＣ２，ＮＣ３，ＮＣ４が実行されているマイクロコンピュータのランアダプタ（ＬＡ）である。つまり通信手段として動作中のランアダプタ（ＬＡ）が故障して通信が不通になっても、タスクＮＣ１，ＮＣ２，ＮＣ３，ＮＣ４をコントローラ内でバックアップすることで通信を回復することができる。また、従来技術ではプロセッサあるいはマイクロコンピュータがローカルメモリを持った場合、そのプロセッサあるいはマイクロコンピュータがダウンすると、ローカルメモリに蓄えられた制御用の学習結果のデータなどにアクセスできないという問題があった。そこでローカルメモリ（ＬＭ）６８１６をデュアルポートメモリで構成し、バス６８１９のほかにバス７０ａにも接続した。この接続により他のマイクロコンピュータからバス７１ａを介してローカルメモリ（ＬＭ）６８１６へアクセスできるようにした。コントローラ内の４つのマイクロコンピュータ（ＭＣ１，ＭＣ２，ＭＣ３，ＭＣ４）のローカルメモリ（ＬＭ）とグローバルメモリ（ＧＭ）によって図１の記憶手段６１６０，６２６０，６３６０，６４６０を構成している。

【００３８】以下では本実施例のバックアップ方法について詳細に例示する。図７は図３の動作状態における実

行分担表であり、各記憶手段６１６０，６２６０，６３６０，６４６０に格納されている。この表の内容はマイクロコンピュータを特定可能な名前と、そのマイクロコンピュータが実行しているタスクの名称と、それらのタスクによってマイクロコンピュータが被る負荷率と、各コントローラ内での各マイクロコンピュータに負荷の軽い順に１番から番号を付けた順位（内部負荷順位）である。本例ではコントローラ名とマイクロコンピュータ名を連結しマイクロコンピュータを特定可能な名称としている。このほかの特定する方式として各々異なる番号を与えるものがある。このマイクロコンピュータを特定するために用いる方式は本発明の主旨とは関係なくどのような方式でもよい。本表を用いて内部バックアップ手段６１７０，６２７０，６３７０，６４７０は、バックアップされるべきタスクをダウンしたマイクロコンピュータ名から検索し、コントローラ内で負荷の小さいマイクロコンピュータから大きいマイクロコンピュータへ順番にバックアップを担当させるために内部負荷順位を検索する。また、バックアップ受付手段６１３０，６２３０，６３３０，６４４０がバックアップを依頼されたマイクロコンピュータ名からそのマイクロコンピュータが実行しているタスク名を検索するために実行分担表を用いる。なお、内部負荷順位が無くても、内部バックアップ手段はマイクロコンピュータ名と負荷率をもとに内部負荷順位と同等の情報を生成し上記の処理を実行可能であるが、バックアップの途中でこの情報を生成するためバックアップを終了するまでの時間が長くなる。バックアップを終了するまでの時間を短縮するために、本実施例では通常の稼働状態の時に内部負荷順位を生成しこの実行分担表に記憶しておく方式にした。

【００３９】図８は図５の動作状態におけるタスク負荷表であり、各記憶手段６１６０，６２６０，６３６０，６４６０に格納されている。この表の内容はタスクの名前と、そのタスクを実行したときの負荷率と、バックアップに関係する属性と、タスクがどのマイクロコンピュータのものかを示す原籍である。属性は４つあり、原籍のマイクロコンピュータにおいて必要不可欠であるが他のマイクロコンピュータでバックアップする必要のない（あるいはしてはならない）タスクであることを示す“fixed”と、コントローラの管理運用に必要なタスクであることを示す“internally”と、通信量が多いことを示す“communicative”と、原籍以外のコントローラで実行してもよいタスクであることを示す“somewhere”である。よって、他のマイクロコンピュータでバックアップされるべきタスクは属性が“fixed”でないものである。これらをあるマイクロコンピュータにおける優先度として扱い優先度が高いものから降順に並べると、最優先のものはこのマイクロコンピュータが原籍である“fixed”、次に優先されるものはこのマイクロコンピュータが原籍である“internally”、さらに次に優先されるものはこのマイクロコンピュータが原籍である“communicative”、優先度の最も低いものはこのマイクロコンピュータが原籍である“somewhere”とこのマイクロコンピュータが原籍でない“fixed”，“internally”，“communicative”と“somewhere”である。ただし、原籍以外のマイクロコンピュータに属性が“fixed”や“internally”のタスクをバックアップさせることはコントローラあるいはシステムの不具合を生じるため、バックアップ手順の中でこれを防いでいる。すなわち、原籍のマイクロコンピュータあるいはそれを含むコントローラ（原籍のコントローラと呼ぶ）にて最優先でバックアップされるようにしている。内部バックアップ手段６１７０，６２７０，６３７０，６４７０と、バックアップ受付手段６１３０，６２３０，６３３０，６４４０がバックアップをされるべきタスクとバックアップを担当するマイクロコンピュータが実行していたタスクとから各々のタスクの優先度と原籍と負荷率を基準としてバックアップ後に実行すべきタスクを選択する時に、タスク名からそれらの内容を知るためにこのタスク負荷表を用いる。

【００４０】図９は図５の動作状態における受付順位表でであり、各記憶手段６１６０，６２６０，６３６０，６４６０に格納されている。本表はバックアップ依頼手段６１２０，６２２０，６３２０，６４２０が他のコントローラのマイクロコンピュータの中から、最小負荷率のマイクロコンピュータの名称を最初に検索し、つづいて必要ならば順番に負荷の大きいものの名称を検索するために用いる。この表はマイクロコンピュータ名を負荷率をキーとして昇順に並べたものである。よって、実行分担表に本表の情報も含まれているが、実行分担表で最も負荷率の小さいマイクロコンピュータを検索するためには相当な時間がかかる。そこで、検索時間短縮を目的として本表を設けた。本表では先頭のマイクロコンピュータ名を読みだすだけですべてのマイクロコンピュータの中で最小負荷率のマイクロコンピュータ名を知ることができる。それがバックアップを依頼するコントローラに属するときは次の順位を読みだす。この繰り返しで他のコントローラのマイクロコンピュータで最も負荷が小さいものを選択できる。本表はダウンやバックアップの度に書き換えるが、一度並べ帰られているので削除，２分検索，挿入の３ステップでこの表の昇順を維持する。このため、この受付順位表を用いた場合にバックアップ時に実行分担表の内容をソーティングを実施する必要がなく処理が高速になる。すなわち、バックアップに要する時間が短縮できる。

【００４１】ここで、実行分担表とタスク負荷表と受付順位表の内容の関係を説明する。マイクロコンピュータＤＣ１．ＭＣ１が実行しているタスクは実行分担表よりタスクＯＳ１１，ＮＣ１，ＣＭ１，Ｔ１１である。このときの負荷率はタスク負荷表からタスクＯＳ１１が５％，ＮＣ１が２６％，ＣＭ１が２８％，Ｔ１１が１３％

19

であるからこれらの和である７２％となる。実行分担表の例示で省略されたマイクロコンピュータの負荷率はこの値より充分大きいとして、マイクロコンピュータＤＣ１．ＭＣ１の負荷率は昇順で３番目であるから、受付順位表では順位が３番目になっている。

【００４２】ここで、本実施例のバックアップ手順の理解の助けとして、図１０に示すようにコントローラ１のマイクロコンピュータ（ＤＣ１．ＭＣ１）７０１がダウンした場合において、タスクＮＣ１，ＣＭ１，Ｔ１１が分割してバックアップされる過程とそれにより追い出されたタスクがさらにまた他のマイクロコンピュータによってバックアップされる過程を説明する。ここで前述の限界負荷率は９０％に定められているものとする。

【００４３】（ＦＤ０）コントローラ１のマイクロコンピュータ７０１のプロセッサ6811が故障したものとする。この故障により通信手段６１１０とバックアップ依頼手段６１２０とバックアップ受付手段６１３０がダウンし、スケジューラ６１４０と制御手段６１５０の各一部分がダウンした。

【００４４】（ＦＤ１）コントローラ１の切り離し手段６１８０がマイクロコンピュータ７０１のダウンを検出すると、このマイクロコンピュータを停止させる。同時に内部バックアップ手段６１７０にマイクロコンピュータ７０１のダウンを通知し、内部バックアップ手段６１７０に図４の内部バックアップ手順を開始させる。より詳細には、マイクロコンピュータ７０１の故障制御回路（ＦＤ）６８２０がプロセッサ（ＰＲ）６８１１の故障を検出すると、バス７０ｂを通して他のマイクロコンピュータの故障制御回路（ＦＤ）にマイクロコンピュータ７０１の故障を通知する。その後マイクロコンピュータ７０１を停止させる。マイクロコンピュータ７０２，７０３，７０４の故障制御回路（ＦＤ）６８２０は故障の通知を受けると各々のプロセッサ６８１１に対してバス７０ａの割り込み要求信号線を用いて割り込み処理を要求する。この割り込み処理が、内部バックアップ手段６１７０を提供するタスクＯＳ１２，ＯＳ１３，ＯＳ１４に内部バックアップ手順を開始させる。なお、停止されたマイクロコンピュータのローカルメモリ(LM)６８１６はバス７０ａと接続されているため、このマイクロコンピュータが停止していても他のマイクロコンピュータからアクセス可能である。この接続はタスクをバックアップし再開するときに必要なデータをマイクロコンピュータが停止していても取得できるようにしたものである。

【００４５】以下、内部バックアップ手段６１７０が実行する図４に示した内部バックアップ手順について説明する。

【００４６】（ＯＳ０）内部バックアップ手段６１７０が起動される。詳細には稼働中のマイクロコンピュータのすべてにおいて内部バックアップを司るタスクが各々独立に図４の内部バックアップ手順を実行する。図１０

20

の例示ではマイクロコンピュータ（ＤＣ１．ＭＣ２）７０２でタスクＯＳ１２が内部バックアップ手順を実行する。マイクロコンピュータ（ＤＣ１．ＭＣ３）７０３でタスクＯＳ１３が内部バックアップ手順を実行する。マイクロコンピュータ（ＤＣ１．ＭＣ４）７０４でタスクＯＳ１４が内部バックアップ手順を実行する。バックアップを担当しないタスクが自ら停止し、自動的にバックアップを実施するものが決定する。マイクロコンピュータの間にバックアップに関する特定の依存関係がないためコントローラ内を均一のハードウェア及び均一のソフトウェア体形とすることが可能となり、コントローラの構築が容易になる。このように図４の内部バックアップ手順を構築した。次のステップでこの決定方法を説明する。

【００４７】（ＯＳ１）手順６５１０：内部バックアップ手段６１７０は上記の稼働中のマイクロコンピュータのなかで負荷が最も小さいマイクロコンピュータをバックアップを実施するマイクロコンピュータに決定する。

【００４８】具体的には前記のタスクの各々が実行分担表からダウンしたマイクロコンピュータの内部負荷順位と自らの内部負荷順位を読みだす。ダウンしたマイクロコンピュータの負荷が最も小さいのならば内部負荷順位は前述のように１番である。よって、その内部負荷順位が１ならば稼働中のマイクロコンピュータの中で負荷が最も小さいものは内部負荷順位が２番目である。この場合には、自らの内部負荷順位が２番であることを判定することにより、自らがバックアップを担当するか否かを定める。内部負荷順位が２番ならばバックアップを担当することになり、手順６５２０に進む。もし、内部負荷順位が２番でなければ内部バックアップ手順を終了し、バックアップを担当しない。一方、ダウンしたマイクロコンピュータの負荷より稼働中のマイクロコンピュータの負荷が小さい場合には、稼働中のマイクロコンピュータの中で負荷が最も小さいものは内部負荷順位が１番目である。この場合には、自らの内部負荷順位が１番であることを判定することにより、自らがバックアップを担当するか否かを定める。内部負荷順位が１番ならばバックアップを担当することになり、手順６５２０に進む。もし、内部負荷順位が１番でなければ内部バックアップ手順を終了し、バックアップを担当しない。図１０の例示ではダウンしたマイクロコンピュータ（ＤＣ１．ＭＣ１）７０１の内部負荷順位が図７の実行分担表に示すとおり２番であり、マイクロコンピュータ（ＤＣ１．ＭＣ２）７０２の内部負荷順位が４番であるため、タスクＯＳ12は手順６５１０で内部バックアップ手順を終了する。また、マイクロコンピュータ（ＤＣ１．ＭＣ３）７０３の内部負荷順位が３番であるため、タスクＯＳ１３は手順６５１０で内部バックアップ手順を終了する。一方、マイクロコンピュータ（ＤＣ１．ＭＣ４）７０４の内部負荷順位は１番であるため、タスクＯＳ１４は手順

６５１０から手順６５２０に進み、内部バックアップ手順を継続する。よって、マイクロコンピュータ（ＤＣ１．ＭＣ４）７０４がまず初めにバックアップを実施する。

【００４９】（ＯＳ２）手順６５１５：内部バックアップ手段６１７０はダウンにより実行できなくなったタスクのうちバックアップする必要の有るものをタスクキューに登録する。詳細にはまず受付用タスクキューを初期化する。そして、実行分担表からダウンしたマイクロコンピュータの名前に対応するタスク名を読みだし、タスク負荷表からそれらのタスクに対する負荷率と属性を読みだす。そして、属性がバックアップする必要がないこと、あるいは、バックアップしてはならないことを示す“fixed”のものを除外して、バックアップされるべきタスクとして受付用タスクキューに登録する。図１０の例示ではダウンしたマイクロコンピュータ（ＤＣ１．ＭＣ１）７０１の名前ＤＣ１．ＭＣ１に対応するタスク名であるOS11とＮＣ１とＣＭ１とＴ１１が実行分担表から読みだされ、タスク負荷表から各々の負荷率５％，２６％，２８％，１３％と属性“fixed”，“communicative”，“somewhere”が読みだされる。そして、タスクの属性が“fixed”であるタスクＯＳ１１に関する情報を除いて、これらの内容が受付用タスクキューに登録される。

【００５０】（ＯＳ３）手順６５２０：内部バックアップ手段６１７０はバックアップを担当するマイクロコンピュータが実行しているタスクを受付用タスクキューに追加する。詳細には実行分担表からバックアップを担当するマイクロコンピュータの名前に対応するタスク名を読みだし、タスク負荷表からそれらのタスクに対する負荷率と属性を読みだす。そしてそれらのタスクを受付用タスクキューに追加する。同時にそれらの負荷率及び属性も追加する。

【００５１】この手順以降はコントローラ内部のすべてのマイクロコンピュータがバックアップを担当するまで、あるいは、バックアップされるべきタスクがなくなるまで繰り返し実行される。図１０の例示における今回の実行では、バックアップを担当するマイクロコンピュータ７０４の名前ＤＣ１．ＭＣ４に対応するタスク名であるＯＳ１４とＴ１７とＴ１８が実行分担表から読みだされ、タスク負荷表から各々の負荷率５％，２５％，２６％と属性“fixed”，“internally”，“internally”，“communicative”が読みだされる。これらが受付用タスクキューに追加される。

【００５２】（ＯＳ４）手順６５３０：内部バックアップ手段６１７０はバックアップを担当するマイクロコンピュータがバックアップ後に実行すべきタスクを受付用タスクキューから選択する。具体的には、受付用タスクキューをタスクの属性による優先順位と負荷率で並べ変えて、優先順位の高いタスクのなかで限界負荷率に最も近くなる組合わせを選択し、さらにすべてを選択しても

負荷率に余裕があるならば次の優先度のタスクのなかでその余裕に最も近くなる組合わせを選択する。何れかの優先順位のタスクの中で選択できないものが生じるまで、この組合わせと選択を繰り返す。図１０の例示では受付用タスクキューが図１１に示した内容になり、タスクＯＳ１４とＮＣ１とＣＭ１とＴ１７が最終的に選択される。ここで、バックアップされるタスクはＮＣ１とＣＭ１であり、バックアップされないタスクはＴ１１であり、追い出されるタスクはＴ１８である。

【００５３】（ＯＳ５）手順６５４０：前手順により選択されたタスクを受付用タスクキューから削除する。具体的には、受付用タスクキューから前手順で選択されたタスクの名称とその負荷率と属性を削除する。図１０の例示ではタスクＯＳ１４とＮＣ１とＣＭ１とＴ１７が最終的に選択さた。当手順では、これらのタスクを受付用タスクキューから削除する。受付用タスクキューに残されたタスクは、バックアップされなかったタスクＴ１１と追い出されたタスクＴ１８である。

【００５４】（ＯＳ６）手順６５５０：手順６５３０にて選択されたタスクをスケジューラ６１４０に登録し実行を開始させる。具体的には、バックアップを担当するマイクロコンピュータのスケジューリングを担当するタスクに対してバックアップされるタスクを追加登録し、追い出されるタスクの登録を削除する。図１０の例示ではバックアップを担当するマイクロコンピュータ７０４のスケジューリングを担当するタスク、すなわち、リアルタイムオペレーティングシステムであるタスクＯＳ１４に、バックアップされるタスクであるタスクＮＣ１とＣＭ１を追加登録し実行を開始させる。また、追い出されるタスクであるタスクＴ１８をスケジューラから削除し実行を停止させる。ここにおいて、マイクロコンピュータ701の故障によりダウンしていた通信手段６１１０とバックアップ依頼手段６１２０とバックアップ受付手段６１３０が回復された。以降、コントローラ間のバックアップや制御タスクの実行に必要なネットワーク１０００との通信が実行できる。

【００５５】（ＯＳ７）手順６５６０：当手順はバックアップの状況に応じて内部バックアップ手順を３通りに分岐させる。一つは完全にバックアップが終了したのでバックアップに関する手順を終了させる処理への分岐である。二つは内部でのバックアップを完了しコントローラ間におけるバックアップを開始させる処理への分岐である。三つは内部でのバックアップを繰り返す処理への分岐である。手順6560の中でこれらの分岐を手順６５６２，６５６４，６５６６が実施している。手順６５６２はバックアップすべきタスク、すなわち、受付用タスクキューに残っているタスクの中で優先度の高いタスクが有るか否かを判定し、有るならば処理は手順６５６４へ進む。無いならば処理は手順６５６６へ進む。手順６５６４はコントローラ内のすべてのマイクロコンピュータ

にバックアップを担当させたか否かを判定し、すべてに担当させた後ならば処理は手順６５７４以降のコントローラ間におけるバックアップを開始させる処理へ分岐する。すべてに担当させていないならば処理は手順６５８０以降の内部でのバックアップを繰り返す処理へ分岐する。手順６５６６はバックアップすべきタスクが残っているか否かを、すなわち、受付用タスクキューにタスクが残っているか否かを判定し、タスクが残っているならば処理は手順６５７４以降のコントローラ間におけるバックアップを開始させる処理へ分岐する。タスクが残っていないならば処理は手順６５７２以降のバックアップに関する手順を終了させる処理へ分岐する。

【００５６】図１０の例示において、今回は、属性が“communicative”であり優先度が高いタスクＴ１１が受付タスクキューに残っており、尚且つ、まだマイクロコンピュータ７０４にバックアップを担当させたのみであるため、手順６５８０以降の内部でのバックアップを繰り返す処理へ分岐する。

【００５７】（ＯＳ８）手順６５８０：今回バックアップを担当したマイクロコンピュータの次に負荷が小さいものを次回のバックアップを担当するマイクロコンピュータに選定し、次回のバックアップを実施するために手順６５２０へ戻る。詳細には今回バックアップを担当したマイクロコンピュータの内部受付順位とダウンしたマイクロコンピュータの内部受付順位を実行分担表から読みだす。前者の値に１を加え次の内部受付順位を求める。この値が後者の受付順位であった場合にはさらに１を加えてダウンしたマイクロコンピュータを指定してしまうことを防ぐ。コントローラ内で内部受付順位がこの値であるマイクロコンピュータを実行分担表から求める。求めたマイクロコンピュータを次回にバックアップを担当するものとして選択する。図１０の例示では今回バックアップを担当したマイクロコンピュータ７０４の内部受付順位が１番であり、ダウンしたマイクロコンピュータの内部受付順位が２番であるため、次回にバックアップを担当するマイクロコンピュータの内部受付順位は３番になる。よって実行分担表においてコントローラ１内で内部受付順位が３番であるマイクロコンピュータ７０３が次回のバックアップを担当するものとして選択される。ここから２回目の内部バックアップにはいる。すでに説明した各手順は図１０の例示に関する説明のみを記述する。

【００５８】（ＯＳ９）手順６５２０：図１０の例示における今回の実行では、バックアップをマイクロコンピュータ７０３が担当する。そこで、その名前ＤＣ１．ＭＣ３に対応するタスク名であるＯＳ１３とＴ１５とＴ１６が実行分担表から読みだされ、タスク負荷表から各々の負荷率５％，２８％，４１％と属性“fixed”，“somewhere”，“communicative”が読みだされる。これらが受付用タスクキューに追加される。

【００５９】（ＯＳ１０）手順６５３０：図１０の例示では受付用タスクキューが図１２に示した内容になり、タスクＯＳ１３とＴ１５とＴ１６とＴ１１が最終的に選択さる。ここで、バックアップされるタスクはＴ１１であり、バックアップされないタスクはＴ１８であり、追い出されるタスクは無い。

【００６０】（ＯＳ１１）手順６５４０：図１０の例示ではタスクＯＳ１３とＴ１５とT16とＴ１１が最終的に選択さた。当手順では、これらのタスクを受付用タスクキューから削除する。受付用タスクキューに残されたタスクは、バックアップされなかったタスクＴ１８のみである。

【００６１】（ＯＳ１２）手順６５５０：図１０の例示ではバックアップを担当するマイクロコンピュータ７０３のスケジューリングを担当するタスク、すなわち、リアルタイムオペレーティングシステムであるタスクＯＳ１３に、バックアップされるタスクであるタスクＴ１１を追加登録し実行を開始させる。また、追い出されるタスクが無いため、スケジューラから削除され実行を停止させられるものは無い。

【００６２】（ＯＳ１３）手順６５６０：図１０の例示において、今回は、属性が“somewhere”であり優先する必要がないタスクＴ１８のみが受付タスクキューに残っている。すなわち、この状態は優先度の高いタスクは残っていないが、バックアップすべきタスクが残っている状態である。よって、当手順は処理を手順６５７４以降のコントローラ間におけるバックアップを開始させる処理へ分岐させる。

【００６３】（ＯＳ１４）手順６５７４：新しい実行状態を示すメッセージ６７００をネットワーク１０００に放送（ブロードキャスト）する。このメッセージにより他のコントローラはマイクロコンピュータのダウンと、そのバックアップを担当したマイクロコンピュータの新しい実行状態を知ることができる。このメッセージ６７００の内容に合わせて、各コントローラは各々の記憶手段に格納している実行分担表とタスク負荷表と受付順位表を修正する。図１０の例示において、メッセージ６７００はダウン情報としてマイクロコンピュータ７０１のダウンを示す。さらに、新しい実行状況としてマイクロコンピュータ７０３が実行しているタスクＯＳ１３，Ｔ１５，Ｔ１６，Ｔ１１と、マイクロコンピュータ７０４が実行しているタスクＯＳ１４，ＮＣ１，ＣＭ１，Ｔ１７とを示す。修正された実行分担表と受付順位表を図１４，図１５に示す。

【００６４】（ＯＳ１５）手順６５９０：コントローラ間でのバックアップを実施するために、バックアップ依頼手段６１２０を起動する。詳細には残ったバックアップされるべきタスクを受付用タスクキューからバックアップ依頼手段６１２０が用いる依頼用タスクキューに移し、受付用タスクキューを空にする。そして、バックア

ップ依頼手段６１２０にバックアップされるべきタスクが残っていることを通知する。この通知はリアルタイムオペレーティングシステムのタスク間通信機能を利用して行われてもよい。あるいは、ナットワーク１０００を介した自コントローラから自コントローラ宛のメッセージ通信を利用して行われてもよい。

【００６５】（ＯＳ１６）以上にて内部バックアップ手順を終了する。

【００６６】続いて、コントローラ間でバックアップ手順に移行し、タスクＴ１８を他のコントローラでバックアップする。

【００６７】（ＣＭ１）コントローラ１のバックアップ依頼手段６１２０が起動され、図３のバックアップ依頼手順の実行を開始する。

【００６８】（ＣＭ２）手順６６１０：バックアップ依頼手段６１２０が受付順位表を用い、ダウンしたマイクロコンピュータを吹く不コントローラとは異なる他のコントローラのマイクロコンピュータの中で負荷が最も小さいものをバックアップの依頼先に決定する。詳細には受付順位表から順位が１番のマイクロコンピュータ名を読みだす。そのマイクロコンピュータが他のコントローラに所属するならばそこで読みだしを停止し、そのマイクロコンピュータをバックアップの依頼先にする。もし、ダウンしたマイクロコンピュータと同一のコントローラに所属しているならば、再び受付順位表から次の順位のマイクロコンピュータ名を読みだす。そして、他のコントローラに所属しているか否かを判定する。他のコントローラに所属するマイクロコンピュータが読みだされるまで以上を繰り返す。図１０の例示ではダウンしたマイクロコンピュータを含むコントローラ内でのバックアップを終了しているため、図９の受付順位表は図１５に変更されている。この図１５の受付順位表から順位１番のマイクロコンピュータ名を読みだす。この名前はＤＣ２．ＭＣ２であり、このマイクロコンピュータはコントローラＤＣ２に属する。ダウンしたマイクロコンピュータを含むコントローラはＤＣ１であるため、読みだされたマイクロコンピュータはダウンしたマイクロコンピュータを含むコントローラとは異なったコントローラに属する。よって次の順位のマイクロコンピュータ名を読みだす処理に戻らずに、このマイクロコンピュータ（ＤＣ２．ＭＣ２）７１２をバックアップを依頼するマイクロコンピュータに決定する。このマイクロコンピュータを依頼先と呼ぶ。

【００６９】（ＣＭ３）手順６６２０：バックアップ依頼手段６１２０がバックアップの依頼であることを示す情報と、依頼用タスクキューに登録されているすべてのタスク名を示す情報とを含むメッセージ６６００を作成し、依頼先に宛てて発信する。このメッセージを依頼メッセージと呼ぶ。図１０の例示では依頼メッセージ６６００はタスクＴ１８のバックアップを依頼するものであり、依頼先であるマイクロコンピュータ７１２に宛ててネットワーク１０００を介して送付される。（ＣＭ４）手順６６３０：バックアップ依頼手段６１２０はバックアップを依頼したメッセージ６６００に対する回答としてバックアップの依頼先から放送されるメッセージ６７００を待つ。

【００７０】以後、メッセージ６７００が放送されるまでバックアップ依頼手段６１２０はバックアップ依頼手順を中断して、待ち状態となる。ここからは依頼先のバックアップ受付手段６２３０の動作について説明する。

【００７１】（ＣＭ５）依頼先のマイクロコンピュータ７１２を含むコントローラ２に於て、メッセージ６５００を通信手段６２１０が受け取り、バックアップ受付手段６２３０を起動する。バックアップ受付手段６２３０は図４のバックアップ受付手順を開始する。ここで、バックアップ受付手段６２３０はそれ自身を含むコントローラの記憶手段６２６０に格納されている受付用タスクキューとタスク負荷表を用いる。

【００７２】（ＣＭ６）手順６７１０：バックアップ受付手段６１３０がメッセージ6600によって依頼されたタスクとバックアップを依頼されたマイクロコンピュータが実行しているタスクを受付用タスクキューに登録する。詳細にはバックアップ受付手段６２３０はまず記憶手段６２６０内の受付用タスクキューを初期化する。続いて、メッセージ６６００から依頼されたタスクの名称をとりだし、記憶手段６２６０内のタスク負荷表からそのタスク名に対応する負荷率と属性と原籍を読みだし、先に初期化した受付用タスクキューに登録する。さらに、記憶手段6260内の実行分担表から依頼先のマイクロコンピュータの名前に対応するタスク名を読みだし、タスク負荷表からそれらのタスクに対する負荷率と属性を読みだす。そしてそれらのタスクを受付用タスクキューに追加する。同時にそれらの負荷率及び属性も追加する。

【００７３】図１０の例示では、メッセージ６６００によりバックアップを依頼されたタスクの名称Ｔ１８を受付用タスクキューに登録する。同時に、タスク負荷表からその名称に対応した負荷率２６％と属性“somewhere”と原籍ＤＣ１．ＭＣ４を読みだしこれらを登録する。さらに、バックアップを依頼されたマイクロコンピュータ７１２が実行しているタスクの名称として、そのマイクロコンピュータ名ＤＣ２．ＭＣ２に対応するタスク名ＯＳ２２とＴ２１とＴ２２を実行分担表から読みだす。さらに、タスク負荷表から各々のタスクに対応した負荷率５％，１８％，３５％と属性“fixed”，“communicative”，“somewhere”と原籍DC2.MC2，ＤＣ２．ＭＣ２，ＤＣ２．ＭＣ２とを読みだす。そして、これらのタスク名と負荷率と属性と原籍を受付用タスクキューに追加する。

【００７４】（ＣＭ７）手順６７２０：バックアップ受

付手段６１３０はバックアップを依頼されたマイクロコンピュータがバックアップ後に実行すべきタスクを受付用タスクキューから選択する。具体的には、受付用タスクキューをタスクの属性による優先順位と負荷率で並べ変えて、優先順位の高いタスクのなかで限界負荷率に最も近くなる組合わせを選択し、さらにすべてを選択しても負荷率に余裕があるならば次の優先度のタスクのなかでその余裕に最も近くなる組合わせを選択する。何れかの優先順位のタスクの中で選択できないものが生じるまで、あるいは、全てのタスクが選択されるまでこの組合わせと選択を繰り返す。図１０の例示では受付用タスクキューが図１３に示した内容になり、タスクＯＳ２２とＴ２１とＴ２３とＴ１８が最終的に選択さる。ここで、バックアップされるタスクはＴ１８であり、バックアップされないタスクは無い、追い出されるタスクも無い。すなわち、受付用タスクキュー内の全てのタスクが選択された。

【００７５】（ＣＭ８）手順６７３０：バックアップ受付手段６１３０は前手順により選択されたタスクをスケジューラ６２４０に登録し、それらの実行を開始する。具体的には、バックアップされるタスクをスケジューラ６２４０に追加して登録し、その実行を開始させる。また追い出されるタスクの登録をスケジューラ６２４０から削除し、その実行を停止させる。図１０の例示ではタスクＴ１８を登録し、実行を開始させる。登録を削除するものはない。

【００７６】（ＣＭ９）手順６７４０：バックアップ受付手段６１３０はバックアップを依頼されたマイクロコンピュータの新しい実行状態を示すメッセージ６７００をネットワーク１０００に放送（ブロードキャスト）する。このメッセージ６７００はバックアップの依頼に対する回答であることを示す情報と、バックアップ受付手順が終了したときにバックアップを依頼されたマイクロコンピュータが実行しているタスクの情報と、バックアップを依頼されたタスクの中でバックアップしたタスクを示す情報と、バックアップを依頼されたマイクロコンピュータから追い出されてその実行を停止されたタスクを示す情報を含む。このメッセージにより他のコントローラはバックアップを依頼されたマイクロコンピュータの新しい実行状態を知り、各々の記憶手段に格納している実行分担表とタスク負荷表と受付順位表を修正する。また、このメッセージ６７００によりバックアップの依頼元であるバックアップ依頼手段６１２０は待ち状態から抜け出し、バックアップ依頼手順を再開する。図１０の例示において、メッセージ６７００は新しい実行状況としてマイクロコンピュータ７１２が実行しているタスクＯＳ２２，Ｔ２１，Ｔ２２，Ｔ１８を示す。バックアップされたタスクとしてタスクＴ１８を示す。追い出されたタスクとしては、該当するものがないため、追い出されたものがないことを示す。

【００７７】（ＣＭ１０）バックアップ受付手段６２３０がバックアップ受付手順を終了する。

【００７８】以降、メッセージ６７００により処理を再開したバックアップ依頼手順６１２０の処理について説明する。

【００７９】（ＣＭ１１）手順６６４２：バックアップ依頼手段６１２０がメッセージ6700からバックアップされたタスクを示す情報をとりだす。そして、バックアップされたタスクがあるか否かを判定する。もし、バックアップされたタスクがないならば手順６６４４にて全てのマイクロコンピュータにバックアップを依頼したか否かを判定する。さらにもし、すべてのマイクロコンピュータに依頼していないならば手順６６４６にて外部負荷順位表を参照して、今回の依頼先に次いで負荷が小さいマイクロコンピュータを依頼先に選定する。そして、再び手順６６２０以降によりバックアップの依頼を繰り返す。手順６６４４にて、もし全てのマイクロコンピュータに依頼した後であったならば、バックアップが失敗したため、縮退運転手段を起動し縮退運転を行う。さて、手順６６４２に戻る。ここで、バックアップされたタスクが存在するならば手順６６５０へ進む。

【００８０】図１０の例示ではタスクＴ１８がバックアップされたため、手順６６５０へ進む。

【００８１】（ＣＭ１２）手順６６５０：バックアップ依頼手段６１２０はメッセージ6700の内容に応じて記憶手段６１６０内の実行分担表とタスク負荷表と受付順位表を変更する。図１０の例示では図１４の実行分担表のマイクとコンピュータＤＣ２．ＭＣ２の実行しているタスクの欄にタスクＴ１８を追加する。同じく負荷率の欄を５８％の負荷率から８４％に変更する。コントローラ２（ＤＣ２）関係の内部負荷順位を変更し、マイクロコンピュータＤＣ２．ＭＣ１を２番に、マイクロコンピュータＤＣ２．ＭＣ２を４番に、マイクロコンピュータDC2.MC3 を１番に、マイクロコンピュータＤＣ２．ＭＣ４を３番にする。受付順位表では受付順位１番のマイクロコンピュータＤＣ２．ＭＣ２が負荷率８４％となったためそれを後ろに回し、負荷率８４％以下のマイクロコンピュータの順位を１番ずつ繰り上げる。したがって、受付順位が１番のマイクロコンピュータはDC3.MC1 になる。

【００８２】（ＣＭ１３）手順６６６０：バックアップ依頼手段６１２０は依頼用タスクキューからメッセージ６７００に示されたところのバックアップされたタスクを削除する。また、依頼用タスクキューにメッセージ６７００に示されたところの追い出されたタスクを追加する。この操作は１回のバックアップ依頼で全てのバックアップが終了しなくてもよいように設けた。すなわち、１回のバックアップでバックアップできなかったタスク、あるいは、負荷率を上げるために追い出されたタスクがある場合には、依頼用タスクキューにタスクが残

り、これを今回の依頼先と異なった依頼先に次回に依頼できるようにしたものである。図１０の例示では依頼用タスクキューからタスクＴ１８が削除され、依頼用タスクキューが空になる。

【００８３】（ＣＭ１４）手順６６７０：バックアップ依頼手段６１２０は依頼用タスクキューにタスクが残っているか否かを判定する。もし残っているならば再び手順６６１０に戻り新規に依頼先を決定し、バックアップを依頼する。また、もし、依頼用タスクキューにタスクが残っていないならば、全てのタスクのバックアップを終了したことになる。このときバックアップ依頼手段６１２０はバックアップ依頼手順の終了に進む。

【００８４】（ＣＭ１５）バックアップ依頼手段６１２０はバックアップ依頼手順を終了する。

【００８５】以上のステップにより本実施例の分散制御システムは１台のマイクロコンピュータ（ＤＣ１．ＭＣ１）７０１のダウンに対して、そこで実施されていたタスクＮＣ１，ＣＭ１，Ｔ１１を自律的に分割してそれぞれをコントローラ１のマイクロコンピュータ（ＤＣ１．ＭＣ４）７０４，コントローラ１のマイクロコンピュータ（ＤＣ１．ＭＣ３）７０３，コントローラ２のマイクロコンピュータ（ＤＣ２．ＭＣ２）７１２においてバックアップする。

【００８６】図１０の例示ではダウンしたマイクロコンピュータを持つコントローラと、バックアップを依頼するコントローラが同じ場合を示した。しかし、本発明の主旨によればコントローラ１，２，３，４の各々がすべてのコントローラの実行状態を記述している実行分担表を持っているために、あるコントローラのダウンにおいて他の一つのコントローラがさらに他のもう一つのコントローラに対してバックアップを依頼することが可能である。具体的には図１０の例示において、コントローラ１のマイクロコンピュータ７０４でバックアップされたタスクＣＭ１によって提供されるバックアップ依頼手段６１２０の代わりに、コントローラ２のマイクロコンピュータ７１１で実行されているタスクＣＭ２によって提供されるバックアップ依頼手段６２２０が記憶手段６２６０に格納された実行分担表と受付順位表を用いてバックアップを依頼することもできる。このために、実行分担表とタスク負荷表と受付順位表は全てのコントローラ、あるいは、全てのマイクロコンピュータの状態を記憶している。図１０の例示ではダウンを検出したコントローラのバックアップ依頼手段が作動するものとした。

【００８７】本実施例はコントローラが４台のシステムであるが、本発明の主旨を逸脱しない範囲で２台以上のコントローラを持つシステムに拡張できる。さらに、本実施例では１台のコントローラが４個のマイクロコンピュータを含むものとしたが本発明の主旨を逸脱しない範囲で１個以上のプロセッサを持つシステムに拡張できる。

【００８８】図１６にバックアップ依頼元のコントローラとバックアップを依頼されたコントローラによる実行分担表とタスク負荷表と受付順位表の用い方をまとめる。自己の故障を検出したコントローラは図２の内部バックアップ手順を起動し、実行分担表を用いて自己のマイクロコンピュータの中で最も負荷の軽いマイクロコンピュータからバックアップを実行する。このとき実行すべきタスクを選定するためにタスク負荷表を用いる。当該コントローラ内の全てのマイクロコンピュータによるバックアップを実施した後にもバックアップすべきタスクがある場合には当該コントローラは図３のバックアップ依頼手順を実行する。バックアップ依頼手順において当該コントローラは受付順位表を用いて最も負荷の軽いマイクロコンピュータを持つコントローラから順にバックアップを依頼してゆく。バックアップを依頼されたコントローラは指定されたマイクロコンピュータに実行させるタスクを選定するためにタスク負荷表を用いる。選定したタスクを実行し、残りのタスクを依頼元に通報する。依頼元のコントローラはバックアップすべきタスクがあるかぎり、受付順位表を用いて負荷の軽いものの選定を繰り返し、バックアップに依頼を繰り返してゆく。

【００８９】さて、上記のバックアップ依頼元は故障したマイクロコンピュータを持つものであったが、当該コントローラが故障によりバックアップ手順を実行できないことも考えられる。この場合には他のコントローラがその故障を検出するまでバックアップ手順は実施されない。そこで各コントローラに適当な間隔で他のコントローラの健全性を検査させるものとする。これにより他のコントローラの故障を検出したコントローラはバックアップ依頼手順の手順６６０５よりバックアップ手順を開始する。この手順６６０５は故障したコントローラにバス７０ａを開放させ、そのコントローラが実行していたタスクを実行分担表から読みだし依頼用タスクキューに登録する。その後には自己の故障を検出した上記の場合と同様である。

【００９０】図１７及び図１８は本発明の他の実施例であるところの自動車２００の制御を示したものである。図１７は自動車２００の制御の対象を説明したものである。このように数多くの対象を一つのコントローラで制御することは、人命に係わる自動車では望ましくない。コントローラの故障が直ちにシステムの暴走、即ち、運転者による制御ができなくなり、交通事故などを引き起こす可能性が高いからである。また、色々なところにある制御対象の状態をコントローラに伝える多数の信号線あるいは各制御対象に動作を指示する多数の信号線が一つのコントローラにあつまるため、信号線の総延長が大変長くなる。このため信号線の総重量が重くなり、燃費向上と排気の清浄化に必要な自動車の軽量化を阻害する。そこで、複数のコントローラを各制御対象の近傍に分散して配置し、各コントローラは各々の対象を制御す

ることが考えられる。このような分散配置型の制御システムによれば複数のコントローラの一つが故障しても、自動車全体の制御が失われることがなく、当該対象の制御が失われるにとどまる。また、多くの信号線は制御対象とその近傍のコントローラとの間を結べばよいため、信号線の総重量が軽くなる。

【００９１】しかしながら、エンジンの制御やブレーキの制御さらにはパワーステアリングなどの操舵系の制御などが失われることは望ましくない。信頼性の問題を解決するために重要なコントローラに対し代替用コントローラを備えることはコスト的に難しい。そして、設置場所の問題もある。自動車においては運転者や同乗者あるいは荷物に優先的に空間を割り当てるため、コントローラに割り当てられる場所は極めて狭いからである。代替用コントローラを設けずに信頼性を向上する必要がある。さらにまた、各制御対象の制御には他の制御対象の状態量を必要とすることが多い。例えば、自動車の速度はエンジンの制御とブレーキの制御と操舵系の制御と速度そのものの表示などに使用されている。よって、信号線の総重量は未だに重く、問題である。

【００９２】このような問題点を解決するためには、稼働中のコントローラが故障コントローラの負荷を自律的に代替する本発明の分散制御システムが好適である。図１８はこの制御システムの構成を示したものである。まず初めに各コントローラの司る制御について説明し、その後にネットワーク１０００を介した負荷の代替について説明する。

【００９３】コントローラ１はエンジン１ａを制御する。このコントローラ１はシリンダに流入する空気量と、エンジンの回転数と回転角度と、アクセルペダルが踏み込まれた角度と、エンジンの冷却水の温度と、排気浄化用の触媒の温度とを検出する。これらに応じて、シリンダ内の燃料と空気の比が所望の値となるように燃料噴射装置から噴射される燃料の量を操作する。具体的には燃料に掛ける圧力を制御して噴射される量を制御する。または燃料の噴射時間を制御して噴射される量を制御する。または噴射装置の噴射穴の面積を制御して噴射される量を制御する。噴射される燃料の量を制御するためにこれらの制御を組合わせて実施してもよい。また、何れか一つの制御を用いてもよい。そして、上記の状態量に応じて点火時期を操作する。これらの操作はエンジンの効率を高め出力を増加する。同時に、排気中の有害物質を低減する。また、このコントローラ１はエンジンの冷却水の温度と排気浄化用の触媒の温度が適温より低い場合にはそれらを素早く暖めるために点火時期を進角する。コントローラ１は前照燈の点灯と冷房装置の運転をコントローラ８がネットワーク１０００を介して通知しとき、エンジンの停止や車速の変動を防ぐためにスロットルをやや開いてエンジンの出力を増加させる。コントローラ２がネットワーク１０００を介して通知する車速が特定の値を超過した場合には、コントローラ１は燃料の噴射量を減じて車速が特定の値を大きく越えないようにする。コントローラ２が変速中であるとネットワーク１０００を介して通知したとき、このコントローラ１は変速の前後で加速度が滑らかに変化するようにエンジンの出力を調整する。コントローラ１はアクセルペダル踏み込み角度が急激に大きくなった場合には運転車が急激な加速を要求していると判断する。そして、このコントローラ１は冷房装置で消費されているエンジンの出力を車の加速に使用するためにネットワーク１０００を介してコントローラ８に対して冷房装置の停止を要求する。同時に、コントローラ２にシフトダウンを要求する。

【００９４】コントローラ２は変速機２ａを制御する。このコントローラ２は車速を検出し、変速の基準となる車速と比較し、この結果に応じてギヤ比を変更する。具体的にはシフトアップ，シフトダウンを実施する。この時、ネットワーク１０００を介してコントローラ１が通知するスロットル開度とエンジンの回転速度とコントローラ３が通知する車体姿勢に応じて、変速の基準となる車速を変更する。例えば、スロットル開度が小さくエンジンの回転速度が高いときは吸気抵抗による出力の損失が増大するため、変速の基準となる車速を下げて低速でシフトアップしエンジン回転速度を低下させる。車体姿勢が後傾しているときは坂道を昇っていると判定しシフトアップの基準車速を高め、低速ギヤを使用するようにして登坂力を維持する。

【００９５】コントローラ３はサスペンション３ａを制御する。このコントローラ３はサスペンションの変位と車体姿勢とを検出し、ネットワーク１０００を介してコントローラ２から車速をコントローラ５から舵角を受信し、これらに応じてサスペンションの空気バネ内の気圧を制御して所望の車体姿勢にする。このコントローラ３は車体姿勢をネットワーク１０００を介して他のコントローラに通知する。

【００９６】コントローラ４はブレーキ４ａを制御する。このコントローラ４はタイヤの回転速度を検出し、ネットワーク１０００を介してコントローラ２から車速をコントローラ５から舵角を受信し、これらに応じて地面に対するタイヤの滑り率を求め、この値が所定の値以下になるように制動力を定める。さらに、旋回時に内輪に弱い制動を掛けて滑らかに旋回する。

【００９７】コントローラ５はパワーステアリング５ａを制御する。このコントローラ５はステアリングシャフトのねじれ角度を検出し、その角度が小さくなるようにパワーステアリングのアシストトルクを調節する。さらに、このコントローラ５は舵角を検出し、他のコントローラにネットワーク１０００を介して通知する。

【００９８】コントローラ６は故障を診断する。このコントローラ６はネットワーク1000を介して他のコントロ

ーラから通知される状態量や操作量を自己のシミュレーション結果と比較することによって、他のコントローラあるいは制御対象機器の故障あるいは劣化を検出する。故障あるいは劣化を検出した場合は、コントローラ８に対して故障診断結果を通知する。他のコントローラの故障を検出した場合には、前記図２のバックアップ依頼手順を開始する。

【００９９】コントローラ７はネットワーク１０００を介して通知された車の動作の履歴を衝撃及び熱に強い記憶装置７ａに格納するドライブレコーダである。

【０１００】コントローラ８はスイッチ８ａとメータ８ｂとディスプレイ８ｃなどのマンマシンインターフェースを制御する。コントローラ８は運転者がスイッチ８ａを操作した場合にそのオン／オフに応じて対応する装置を作動あるいは停止させる。また、ネットワーク１０００を介して通知された車速やエンジンの回転速度等の状態量と故障診断の結果などをメータ８ｂあるいはディスプレイ８ｃに表示する。また、ネットワーク１０００を介した他のコントローラからの依頼あるいは要求に応じて各種装置をオン／オフする。

【０１０１】このように各コントローラはネットワーク１０００を介して検出した状態量と制御出力あるいは操作依頼を互いに通知し、そして、各コントローラは通知された状態量と制御出力と操作依頼に応じて所轄の機器を制御する。コントローラ間の状態量の授受を信号線数が最小２本であるネットワーク１０００で実施することにより、先に述べた信号線の重量の問題を解決する。

【０１０２】つづいて、ネットワーク１０００を介した自律的なバックアップについて説明する。各コントローラが自己の故障あるいは他のコントローラの故障を検出すると図２，図３，図４に示したバックアップ手順に従い故障したコントローラの負荷のバックアップを開始する。詳細な動作は前述のとおりであるのでここでは説明を省略する。このバックアップを完了するためには各コントローラの余力の合計がバックアップされる負荷より大きいことが必要である。一般に複数の異なった種類の複数の対象を複数のコントローラで制御する分散制御システムでは、各コントローラが最大負荷になるシステムの状態が異なっている。このため、複数のコントローラ全体ではバックアップに必要な余力があると考えられる。

【０１０３】自動車２００においてこの状況を述べる。各コントローラの負荷は自動車２００の運転状況に応じて変動する。例えば、エンジン１ａを制御するコントローラ１はエンジン１ａが高速に回転している時に負荷率が高くなり、中速の時に負荷率が小さくなる。おおむね、エンジン１ａの回転速度に比例しているが、最も低速回転であるアイドリング時にはエンジンを停止させないための処理と排気の浄化のための処理を実施させるため負荷率が高まる。また、変速機２ａを制御するコントローラ２の負荷率は車速が大きく変化しているときに高まる。特に、加速時には変速の基準速度を計算する回数を増すために負荷率が高い。逆に、定常走行しているときには低下する。さらにまた、ブレーキ４ａを制御するコントローラ４はブレーキペダルが踏み込まれているときのみタイヤをスリップさせないための処理を実行させるため、このとき以外の負荷率は極めて低くい。このように制御対象によって各コントローラの負荷率が高まる自動車２００の走行状態が異なるため、全てのコントローラのうち何れかは負荷率が低く他のコントローラの負荷をバックアップ可能なものがある。いいくわえれば、特定のコントローラの負荷率が常に低いわけではなく、自動車２００の運転状況に応じて負荷率の低いコントローラが異なる。このような自動車２００の制御システムでは、故障したコントローラの負荷を前記図２，図３，図４に示したバックアップ手順により、バックアップするコントローラを負荷率の状況に応じて選定させるものである。

【０１０４】

【発明の効果】さらにまた、本発明により分散制御システムのコントローラの多重ダウンに対しても負荷を自律的に稼働中のコントローラに分散しバックアップすることが可能である。このため、信頼性及び耐故障性を高めることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図１】自律分散制御システムの論理的構成図。

【図２】内部バックアップ手順図。

【図３】自律的なバックアップ依頼手順図。

【図４】自律的なバックアップ受付手順図。

【図５】自律分散制御システムの物理的構成図。

【図６】自律分散制御コントローラ用マイクロコンピュータの構成図。

【図７】実行分担表を示す例図。

【図８】タスク負荷表を示す例図。

【図９】受付順位表を示す例図。

【図１０】自律分散制御システムのバックアップ方法を示す例図。

【図１１】１回目の内部バックアップにおける受付用タスクキューの例図。

【図１２】２回目の内部バックアップにおける受付用タスクキューの例図。

【図１３】１回目の外部バックアップにおける受付用タスクキューの例図。

【図１４】内部バックアップ後の実行分担表を示す例図。

【図１５】内部バックアップ後の受付順位表を示す例図。

【図１６】実行分担表，タスク負荷表，受付順位表の使用方法を示す例図。

【図１７】自動車制御装置を示す図。

35

【図１８】自動車制御装置を示す図。

【符号の説明】

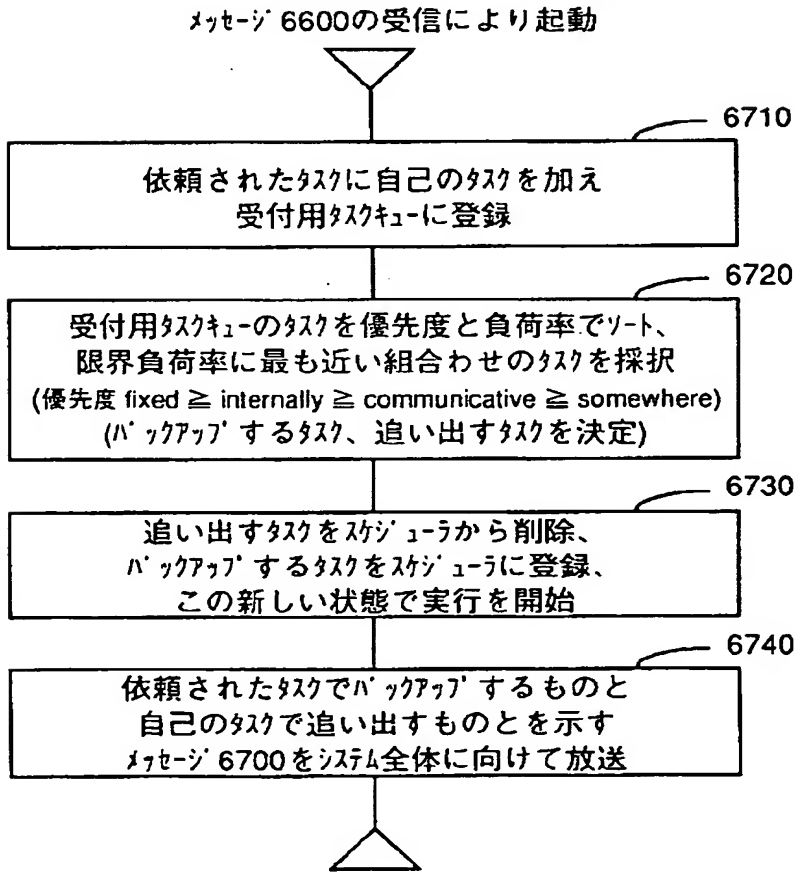
１，２，３，４，５，６，７，８…コントローラ、１ａ…エンジン、２ａ…変速機、３ａ…サスペンション、４ａ…ブレーキ、５ａ…パワーステアリング、７ａ…記憶装置、８ａ…スイッチ、８ｂ…メータ、８ｃ…ディスプレイ、４１ａ，４１ｂ，４１ｃ，４１ｄ…ネットワーク送受信部（コネクタ）、７０ａ，７０ｂ，７０ｃ，７０ｄ…バス、７１ａ，７１ｂ，７１ｃ，７１ｄ…シリアルデータ通信用のバス、７２ａ，７２ｂ，７２ｃ，７２ｄ…故障通知用のバス、８２ａ，８２ｂ，８２ｃ，８２ｄ…グローバルメモリ、８３ａ，８３ｂ，８３ｃ，８３ｄ…入出力処理装置（Ｉ／Ｏ）、１００…プラント、２００…自動車、７０１，７０２，７０３，７０４…コントローラ１のマイクロコンピュータ、７１１，７１２，７１３，７１４…コントローラ２のマイクロコンピュータ、７２１，７２２，７２３，７２４…コントローラ３のマイクロコンピュータ、７３１，７３２，７３３，７３４

36

…コントローラ４のマイクロコンピュータ、１０００…ネットワーク、６１１０，６２１０，６３１０，６４１０…通信手段、６１２０，６２２０，６３２０，６４２０…バックアップ依頼手段、６１３０，６２３０，６３３０，６４３０…バックアップ受付手段、６１４０，６２４０，６３４０，６４４０…スケジューラ、６１５０，６２５０，６３５０，６４５０…制御手段、６１６０，６２６０，６３６０，６４６０…記憶手段、６１７０，６２７０，６３７０，６４７０…内部バックアップ手段、６１８０，６２８０，６３８０，６４８０…切り離し手段、６８１１…プロセッサ（ＰＲ）、６８１２…ニューラルエンジン（ＮＥ）、６８１３…シーケンスエンジン（ＳＥ）、６８１４…ランアダプタ（ＬＡ）、６８１５…フリーランタイマ（ＦＲＴ）、６８１６…ローカルメモリ（ＬＭ）、６８１７…バスインターフェース（ＢＩＦ）、６８１８…ダイレクトメモリアクセス制御（ＤＭＡＣ）、６８１９…マイクロコンピュータ内のバス、６８２０…故障制御回路。

【図４】

図 4



【図８】

図 8

受付順位表	
順位	ﾏｲｸﾛｺﾝﾋﾟｭｰﾀ
1	DC1.MC4
2	DC2.MC2
3	DC3.MC1
4	DC2.MC3
5	DC3.MC3
6	DC2.MC1
・	以下省略
・	・
・	・

【図１５】

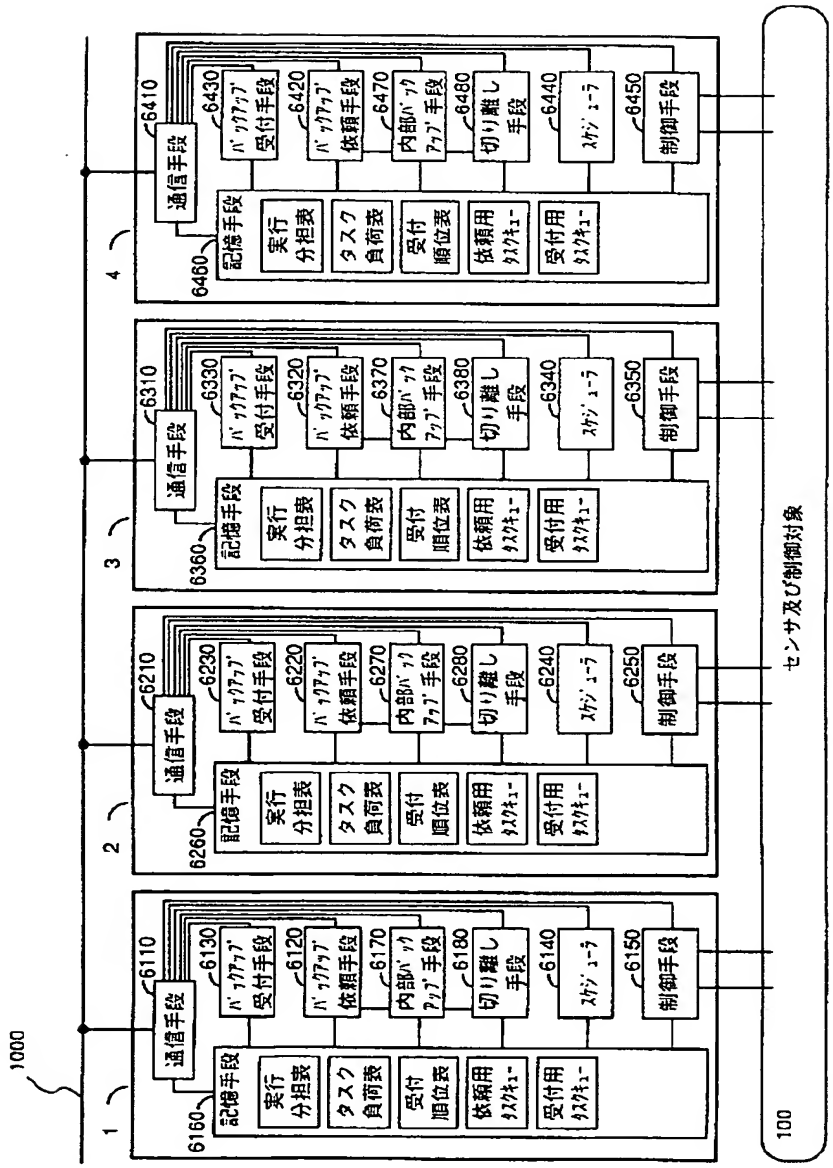
図 15

受付順位表	
順位	ﾏｲｸﾛｺﾝﾋﾟｭｰﾀ
1	
2	
3	
4	
5	
6	
・	以下省略
・	・
・	・

左記の様に網掛けした部分が更新されている

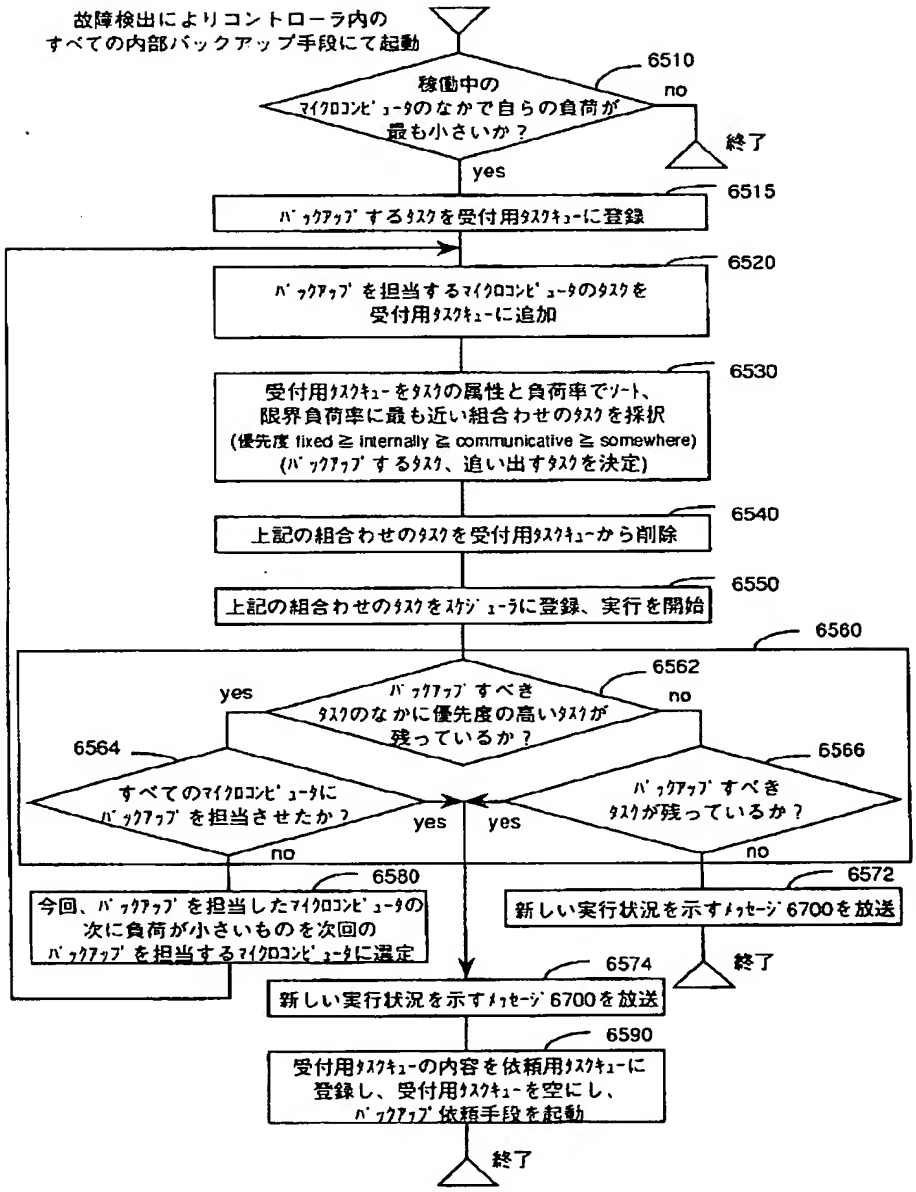
【図1】

図 1


1000
1
2
3
4
6110
6210
6310
6410
通信手段
6160
6260
6360
6460
記憶手段
実行分担表
タスク負荷表
受付順位表
依頼用タスクキュー
受付用タスクキュー
6120
6220
6320
6420
依頼手段
6130
6230
6330
6430
受付手段
6140
6240
6340
6440
スケジューラ
6150
6250
6350
6450
制御手段
6170
6270
6370
6470
内部バックアップ手段
6180
6280
6380
6480
切り離し手段
100
センサ及び制御対象

【図２】

図 2



【図１２】

図 12

受付用タスクキュー				
タスク	負荷率（%）	属性	原籍	選択結果
OS13	5	fixed	DC1.MC3	選択
T11	13	communicative	DC1	選択
T16	41	communicative	DC1	選択
T18	26	somewhere	—	非選択
T15	28	somewhere	—	選択

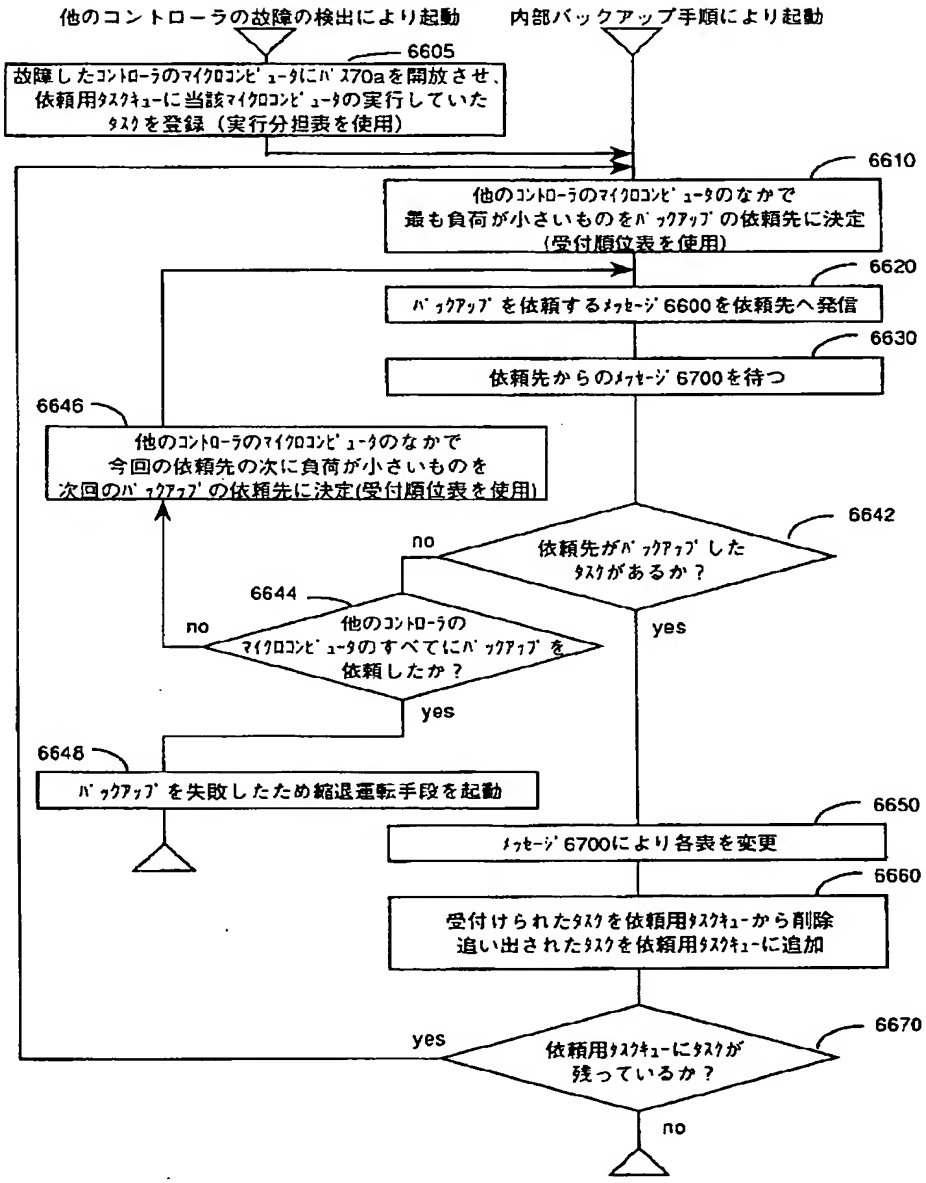
【図１３】

図 13

受付用タスクキュー				
タスク	負荷率（%）	属性	原籍	選択結果
OS22	5	fixed	DC2.MC2	選択
T21	18	communicative	DC2	選択
T18	26	somewhere	—	選択
T22	35	somewhere	—	選択

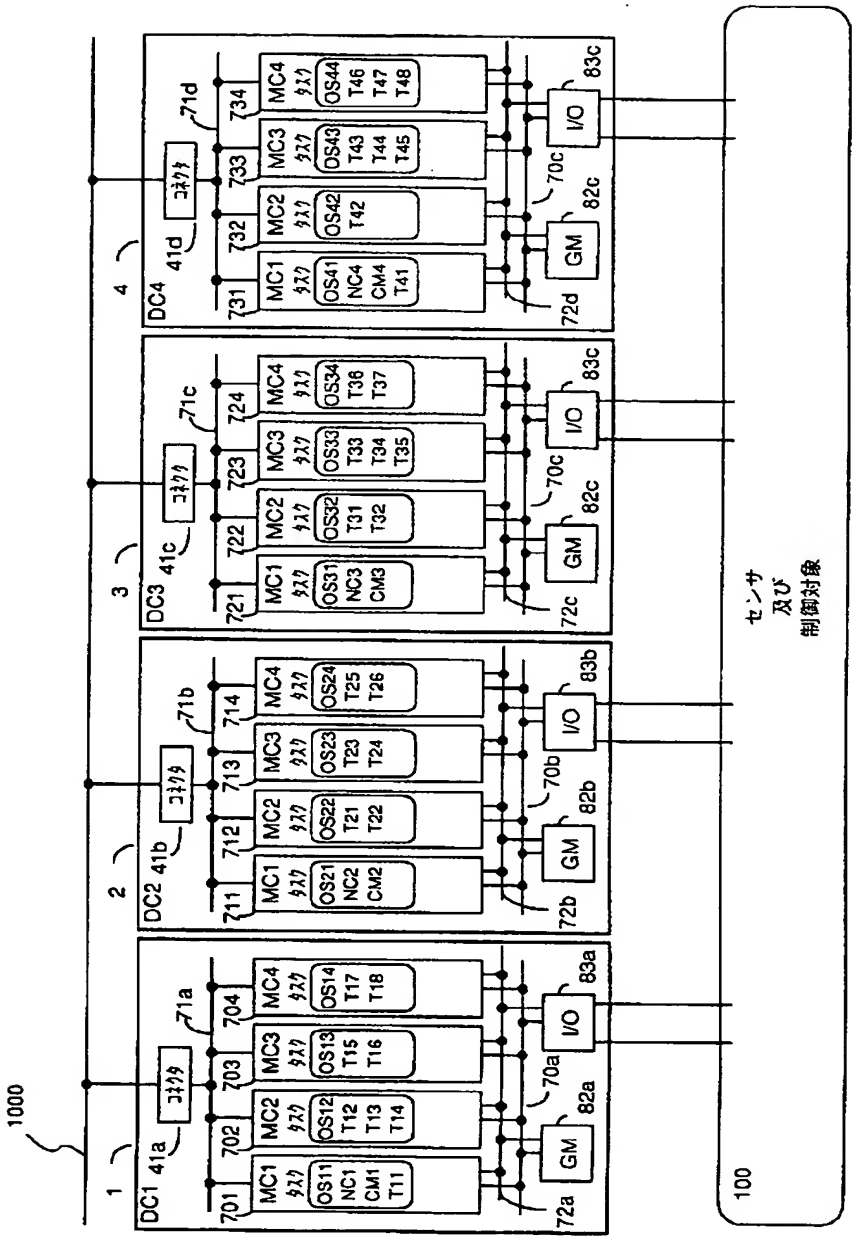
【図３】

図 3


他のコントローラの故障の検出により起動
内部バックアップ手順により起動
6605
故障したコントローラのマイクロコンピュータにバス70aを開放させ、依頼用タスクキューに当該マイクロコンピュータの実行していたタスクを登録（実行分担表を使用）
6610
他のコントローラのマイクロコンピュータのなかで最も負荷が小さいものをバックアップの依頼先に決定（受付順位表を使用）
6620
バックアップを依頼するメッセージ6600を依頼先へ発信
6630
依頼先からのメッセージ6700を待つ
6646
他のコントローラのマイクロコンピュータのなかで今回の依頼先の次に負荷が小さいものを次回のバックアップの依頼先に決定(受付順位表を使用)
6642
依頼先がバックアップしたタスクがあるか？
no
yes
6644
他のコントローラのマイクロコンピュータのすべてにバックアップを依頼したか？
no
yes
6648
バックアップを失敗したため縮退運転手段を起動
6650
メッセージ6700により各表を変更
6660
受付けられたタスクを依頼用タスクキューから削除
追い出されたタスクを依頼用タスクキューに追加
6670
依頼用タスクキューにタスクが残っているか？
yes
no

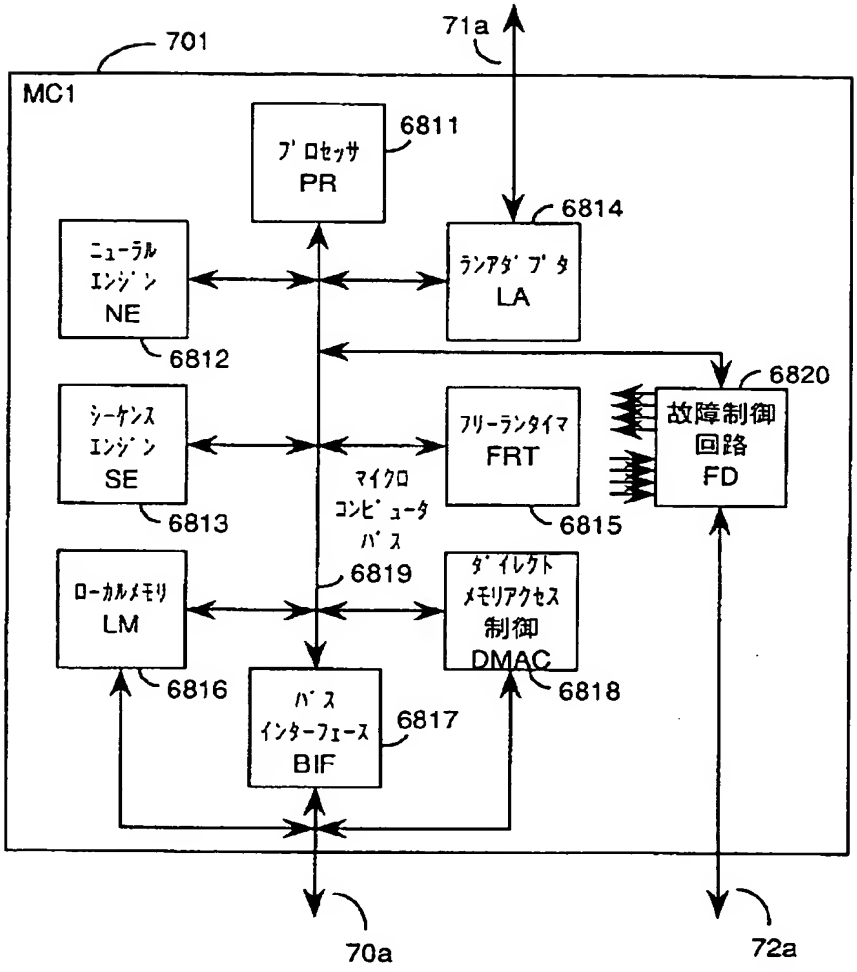
【図５】

図 5


1000
DC1
41a
71a
701
MC1 ﾚｼﾞｽﾀ
OS11
NC1
CM1
T11
702
MC2 ﾚｼﾞｽﾀ
OS12
T12
T13
T14
703
MC3 ﾚｼﾞｽﾀ
OS13
T15
T16
704
MC4 ﾚｼﾞｽﾀ
OS14
T17
T18
72a
GM
82a
70a
I/O
83a
2
DC2
41b
71b
711
MC1 ﾚｼﾞｽﾀ
OS21
NC2
CM2
712
MC2 ﾚｼﾞｽﾀ
OS22
T21
T22
713
MC3 ﾚｼﾞｽﾀ
OS23
T23
T24
714
MC4 ﾚｼﾞｽﾀ
OS24
T25
T26
72b
GM
82b
70b
I/O
83b
3
DC3
41c
71c
721
MC1 ﾚｼﾞｽﾀ
OS31
NC3
CM3
722
MC2 ﾚｼﾞｽﾀ
OS32
T31
T32
723
MC3 ﾚｼﾞｽﾀ
OS33
T33
T34
T35
724
MC4 ﾚｼﾞｽﾀ
OS34
T36
T37
72c
GM
82c
70c
I/O
83c
4
DC4
41d
71d
731
MC1 ﾚｼﾞｽﾀ
OS41
NC4
CM4
T41
732
MC2 ﾚｼﾞｽﾀ
OS42
T42
733
MC3 ﾚｼﾞｽﾀ
OS43
T43
T44
T45
734
MC4 ﾚｼﾞｽﾀ
OS44
T46
T47
T48
72d
GM
82c
70c
I/O
83c
100
センサ
及び
制御対象

【図６】

図 6



【図７】

図 7

実行分担表			
マイクロコンピュータ	タスク	負荷率（%）	内部負荷順位
DC1.MC1	OS11, NC1, CM1, T11	72	2
DC1.MC2	OS12 T12, T13, T14	81	4
DC1.MC3	OS13, T15, T16	75	3
DC1.MC4	OS14, T17, T18	57	1
DC2.MC1	OS21, NC2, CM2	63	3
DC2.MC2	OS22, T21, T22	58	1
DC2.MC3	OS23, T23, T24	60	2
DC2.MC4	OS24, T25, T26	75	4
DC3.MC1	OS31, NC3, CM3	58	1
DC3.MC2	OS32, T31, T32	72	3
DC3.MC3	OS33, T33, T34, T35	60	2
DC3.MC4	OS34, T36, T37	74	4
・	・	・	・
・	・ 以下省略	・	・

【図１１】

図 11

受付用タスクキュー				
タスク	負荷率（%）	属性	原籍	選択結果
OS14	5	fixed	DC1.MC4	選択
NC1	26	internally	DC1	選択
CM1	28	internally	DC1	選択
T11	13	communicative	DC1	非選択
T17	25	communicative	DC1	選択
T18	26	somewhere	—	追い出し

【図９】

図 ９

タスク負荷表			
タスク	負荷率（%）	属性	原籍
NC1	26	internally	DC1.MC1
CM1	28	internally	DC1.MC1
OS11	5	fixed	DC1.MC1
OS12	5	fixed	DC1.MC2
OS13	5	fixed	DC1.MC3
OS14	5	fixed	DC1.MC4
T11	13	communicative	DC1.MC1
T12	24	somewhere	DC1.MC2
T13	31	communicative	DC1.MC2
T14	21	somewhere	DC1.MC2
T15	28	somewhere	DC1.MC3
T16	41	communicative	DC1.MC3
T17	25	communicative	DC1.MC4
T18	26	somewhere	DC1.MC4
NC2	27	internally	DC2.MC1
・	・	・	・
・	・ 中略	・	・
・	・	・	・
OS22	5	fixed	DC2.MC2
OS23	5	fixed	DC2.MC3
・	・	・	・
・	・ 中略	・	・
T21	18	communicative	DC2.MC2
T22	35	somewhere	DC2.MC2
T23	23	communicative	DC2.MC3
T24	32	somewhere	DC2.MC3
・	・	・	・
・	・ 中略	・	・
NC3	27	internally	DC3.MC1
CM3	26	internally	DC3.MC1
OS31	5	fixed	DC3.MC1
・	・	・	・
・	・ 以下省略	・	・

【図１４】

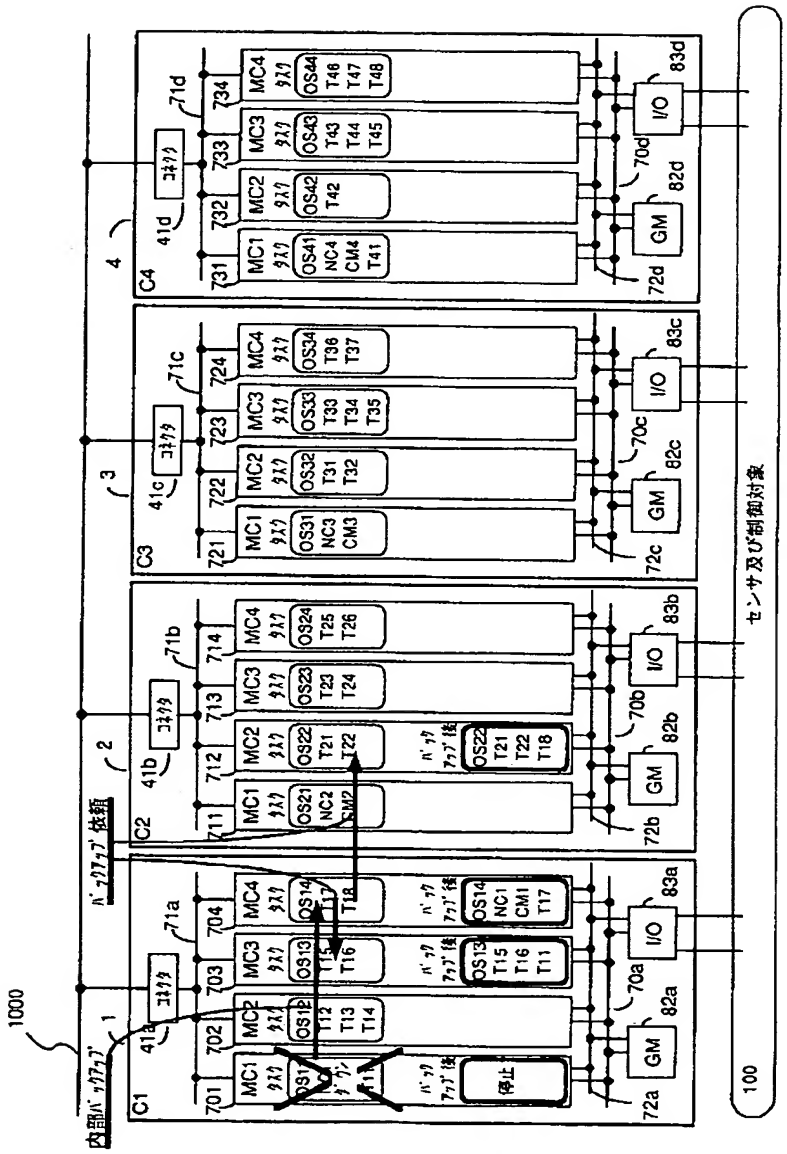
図 １４

実行分担表			
ﾏｲｸﾛｺﾝﾋﾟｭｰﾀ	タスク	負荷率（%）	内部負荷順位
DC1.MC1	[illegible]	[illegible]	[illegible]
DC1.MC2	OS12 T12, T13, T14	81	[illegible]
DC1.MC3	[illegible]	[illegible]	[illegible]
DC1.MC4	[illegible]	[illegible]	[illegible]
DC2.MC1	OS21, NC2, CM2	63	3
DC2.MC2	OS22, T21, T22	58	1
DC2.MC3	OS23, T23, T24	60	2
DC2.MC4	OS24, T25, T26	75	4
DC3.MC1	OS31, NC3, CM3	58	1
DC3.MC2	OS32, T31, T32	72	3
DC3.MC3	OS33, T33, T34, T35	60	2
DC3.MC4	OS34, T36, T37	74	4
・	・ 以下省略	・	・
・	・	・	・

[illegible] 左記の様に網掛けした部分が更新されている

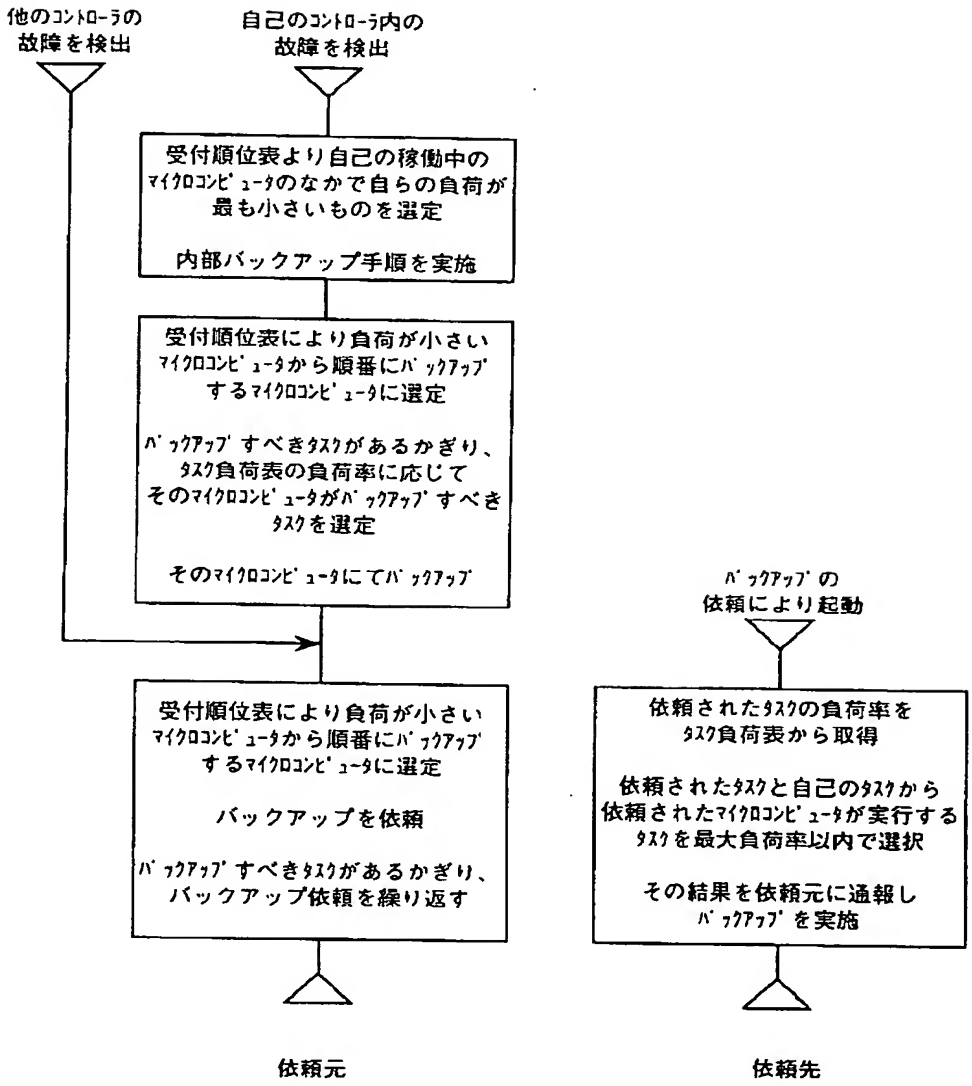
【図１０】

図 10


1000
内部バス
バックアップ装置
センサ及び制御対象
C1
C2
C3
C4
MC1
MC2
MC3
MC4
GM
I/O
停止
NC1
NC2
NC3
NC4
CM1
CM2
CM3
CM4

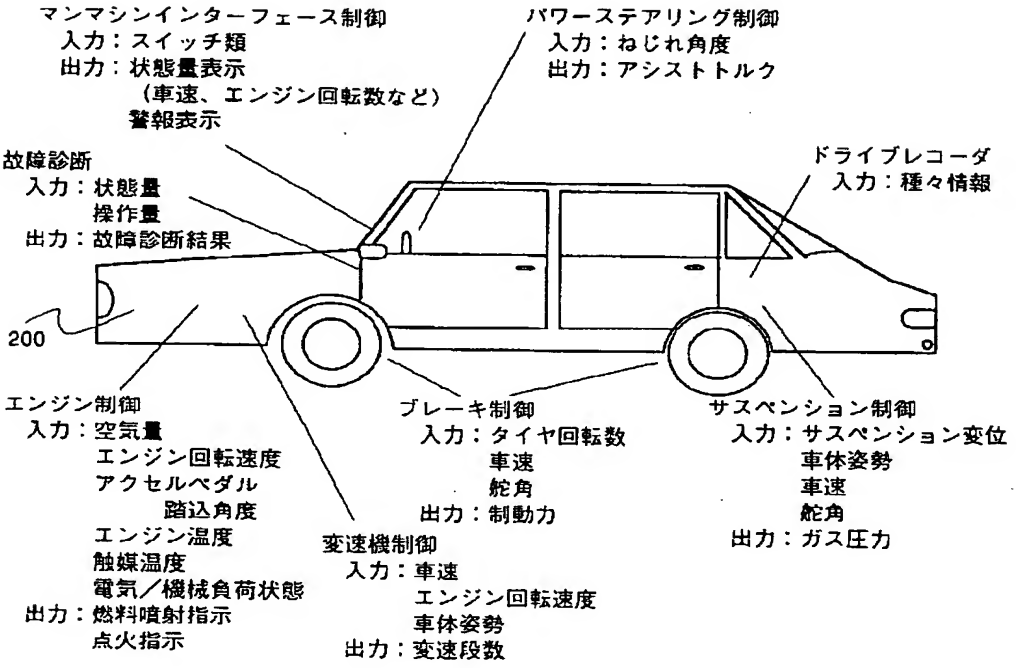
【図１６】

図 16


他のコントローラの
故障を検出
自己のコントローラ内の
故障を検出
受付順位表より自己の稼働中の
マイクロコンピュータのなかで自らの負荷が
最も小さいものを選定
内部バックアップ手順を実施
受付順位表により負荷が小さい
マイクロコンピュータから順番にバックアップ
するマイクロコンピュータに選定
バックアップすべきタスクがあるかぎり、
タスク負荷表の負荷率に応じて
そのマイクロコンピュータがバックアップすべき
タスクを選定
そのマイクロコンピュータにてバックアップ
受付順位表により負荷が小さい
マイクロコンピュータから順番にバックアップ
するマイクロコンピュータに選定
バックアップを依頼
バックアップすべきタスクがあるかぎり、
バックアップ依頼を繰り返す
依頼元
バックアップの
依頼により起動
依頼されたタスクの負荷率を
タスク負荷表から取得
依頼されたタスクと自己のタスクから
依頼されたマイクロコンピュータが実行する
タスクを最大負荷率以内で選択
その結果を依頼元に通報し
バックアップを実施
依頼先

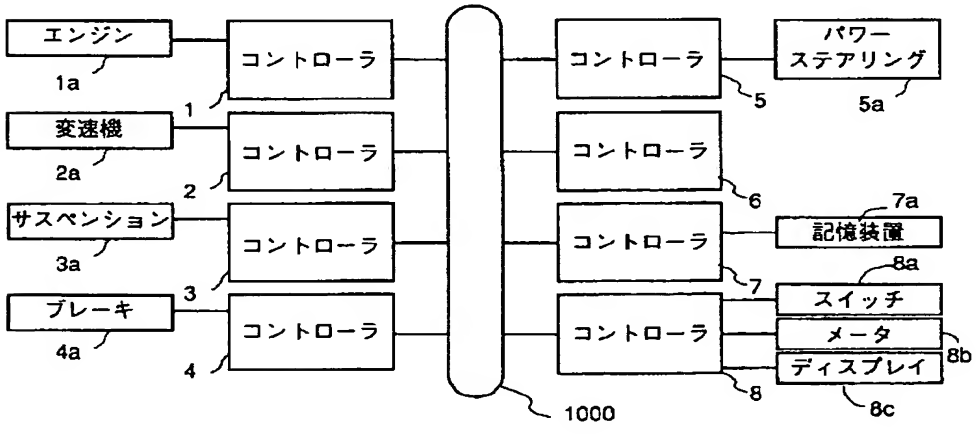
【図１７】

図 １７



【図１８】

図 １８



フロントページの続き

(51) Int.Cl.⁵	識別記号	庁内整理番号	ＦＩ	技術表示箇所
// Ｇ０５Ｂ　9/03		7618－3H		